

Aus dem Klinikum Veterinärmedizin der Justus-Liebig-Universität Gießen
Klinik für Wiederkäuer und Schweine (Innere Medizin und Chirurgie)
Professur für Schweinekrankheiten
Leiter: Prof. Dr. Dr. habil. Gerald Reiner
und der
Medizinischen Klinik II (Kardiologie und Angiologie),
Klinikum der Ruhr-Universität Bochum
Direktor: Prof. Dr. Hans-Joachim Trappe

**Einfluss unterschiedlicher Musikstile auf Verhalten und Herz-Kreislauf-System,
eine tierexperimentelle Studie bei Schweinen**

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades eines
Dr. med. vet.
beim Fachbereich Veterinärmedizin
der Justus-Liebig-Universität Gießen

eingereicht von
Eva-Maria Trappe
aus Hildesheim
2012

Gießen, 2012

Mit Genehmigung des Fachbereichs Veterinärmedizin
der Justus-Liebig-Universität Gießen

Dekan: Prof. Dr. Dr. h.c. Martin Kramer
Referent: Prof. Dr. Dr. habil. Gerald Reiner
Koreferent: Prof. Dr. Hans-Joachim Trappe

Tag der Disputation: 26.11.2012

Meinem Opa

Teile der Dissertation wurden bisher nicht veröffentlicht

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	III
Tabellenverzeichnis	IV
Abkürzungsverzeichnis	VI
1 Einleitung	1
2 Literaturübersicht.....	4
2.1 Effekte von Musik bei Mensch und Tier	4
2.1.1 Zerebrale Verarbeitung von Musik beim Menschen	4
2.1.2 Musik und Schmerzverarbeitung.....	6
2.1.3 Musik und kardiovaskuläres System	7
2.1.4 Einfluss von Musik auf Tiere	9
2.1.5 Verhalten	10
2.1.6 Physiologische Parameter.....	21
2.1.7 Schweine in der biomedizinischen Forschung	23
2.1.8 Das Schwein im Rahmen kardiovaskulärer Forschung.....	25
3 Material und Methoden	30
3.1 Tiere	30
3.2 Stallungen	31
3.3 Fütterung und Wasserversorgung	32
3.4 Versuchsplanung und Versuchsaufbau	32
3.4.1 Spezielle Vorbereitung der Stallungen für die Versuchsdurchführung.....	33
3.4.2 Aufbau der Vorversuche.....	34
3.4.3 Aufbau der Hauptversuche	36
3.5 Auswahl der Musik: Warum „Bach“, warum „Heavy Metal“?.....	38
3.5.1 Johann Sebastian Bach: Orchestersuite Nr. 3 D-Dur (BWV 1068)	38
3.5.2 Disturbed: Heavy Metal.....	39
3.6 Blutentnahme und Bestimmung der Serum-Kortisolspiegel	40
3.7 Verhaltensbeobachtung.....	40
3.8 Das „JET-Telemetrie-System“.....	42
3.9 Statistik	44
4 Ergebnisse.....	45
4.1 Ergebnisse der Vorversuche	45

4.1.1	Auftreten von Verhaltensweisen und Beeinflussung durch den Musikstil.....	45
4.1.2	Versuchsbedingte Einflussfaktoren auf Verhaltensausprägungen	50
4.1.3	Zusammenfassung der Verhaltensmerkmale mittels Faktorenanalyse.....	52
4.2	Ergebnisse der Hauptversuche.....	56
4.2.1	Verhaltensbeobachtungen.....	56
4.2.2	Herz-Kreislauf-Parameter und Atmung.....	72
4.2.3	Kortisolwerte	73
5	Diskussion	74
6	Zusammenfassung	85
7	Summary.....	88
8	Literaturverzeichnis	90
9	Danksagung	105

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Wurfweise Unterbringung der Schweine vor Studienbeginn.....	31
Abbildung 2: Blick in die beiden Buchten eines der drei Stallabteile.....	34
Abbildung 3: Aufbau der Vorversuche.	35
Abbildung 4: Aufbau der Hauptversuche.....	36
Abbildung 5: Belegung eines Stallabteils. Auf der linken Seite das Kontrolltier (ohne Weste); auf der rechten Seite das Versuchstier versehen mit Weste.	37
Abbildung 6: Unterziehweste zum Anbringen der Atemgurte.....	42
Abbildung 7: Überziehweste zur Aufnahme des JET-Telemetrie-Systems.	43
Abbildung 8: Versuchstier mit angelegtem JET-Telemetrie-System (Miniaturschwein). Der Sender (Transducer) ist in der roten Tasche auf dem Rücken der Schweine untergebracht.	43
Abbildung 9: Aufzeichnung des Datenmaterials der Videoaufnahmen sowie der erhobenen Herz-Kreislauf-Parameter.....	44
Abbildung 10: Anzahl der Wiederholungen verschiedener Verhaltensweisen bei Schweinen der Rasse „Deutsches Edelschwein“ in Abhängigkeit vom Musikstil. Die Daten liegen sortiert nach Häufigkeit der Verhaltenswiederholungen in der Kontrollgruppe vor.	46
Abbildung 11: Gesamtdauer der einzelnen Verhaltensweisen in Abhängigkeit vom Musikstil bei Schweinen der Rasse Deutsches Edelschwein. Angaben in Sekunden pro 20 Minuten Versuchsdauer.	48
Abbildung 12: Ausprägung der vier extrahierten Faktoren in Abhängigkeit vom Musikstil.	54
Abbildung 13: Ausübung und Gesamtdauer der Verhaltensweisen bei Pietrain (PI) und Miniaturschweinen (MI).....	57
Abbildung 14: Durchschnittliche Anzahl von Verhaltenswiederholungen im Untersuchungszeitraum (21 Minuten) nach Rasse (MI=Miniaturschweine; PI=Pietrain).	58
Abbildung 15: Anteil Schweine mit den jeweiligen Verhaltensweisen, unterteilt nach Rasse.	58

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Signifikanzen der Mittelwertsunterschiede der Häufigkeiten der Verhaltenswiederholungen in Abhängigkeit von den Musikstilen. p ≤ 0,05 (*), p ≤ 0,01 (**), p ≤ 0,001 (***).....	46
Tabelle 2: Signifikanzen der Unterschiede in Gesamtdauer (s/20 Minuten) der Verhaltensweisen in Abhängigkeit von den Musikstilen. p ≤ 0,05 (*), p ≤ 0,01 (**), p ≤ 0,001 (***).....	49
Tabelle 3: Einflussfaktoren auf die Anzahl Wiederholungen der beobachteten Verhaltensmerkmale während des 20-minütigen Versuchsdurchgangs. p ≤ 0,05 (*), p ≤ 0,01 (**), p ≤ 0,001 (***).....	50
Tabelle 4: Einflussfaktoren auf die Gesamtdauer der beobachteten Verhaltensmerkmale während der 20-minütigen Untersuchungsphase. p ≤ 0,05 (*), p ≤ 0,01 (**), p ≤ 0,001 (***)..	51
Tabelle 5: Zuordnung der Verhaltensweisen zu den vier mittels Faktorenanalyse extrahierten Faktoren.	53
Tabelle 6: Gesamtdauer von Verhaltensweisen (in Sekunden) im 21-minütigen Beobachtungsintervall bei Schweinen der Rasse Pietrain: p ≤ 0,05 (*), p ≤ 0,01 (**), p ≤ 0,001 (***).....	61
Tabelle 7: Anzahl Wiederholungen von Verhaltensweisen im 21-minütigen Beobachtungsintervall bei Schweinen der Rasse Pietrain. p ≤ 0,05 (*), p ≤ 0,01 (**), p ≤ 0,001 (***).....	62
Tabelle 8: Prozentualer Anteil an Schweinen mit einem bestimmten Verhalten im 21-minütigen Beobachtungsintervall bei der Rasse Pietrain (Angaben in %). p ≤ 0,05 (*), p ≤ 0,01 (**), p ≤ 0,001 (***).....	63
Tabelle 9: Aktivitäts- und Stressverhalten bei Pietrain-Schweinen in Abhängigkeit vom Musikstil. Dargestellt sind die Anzahl an Verhaltenswiederholungen, die Gesamtverhaltensdauer und der prozentuale Anteil beteiligter Schweine, jeweils bezogen auf das 21-minütigen Beobachtungsintervall. Signifikanzen:	64
Tabelle 10: Gesamtdauer von Verhaltensweisen (in Sekunden) im 21-minütigen Beobachtungsintervall bei Schweinen der Rasse Miniaturschwein. p ≤ 0,05 (*), p ≤ 0,01 (**), p ≤ 0,001 (***).....	65
Tabelle 11: Anzahl Wiederholungen von Verhaltensweisen im 21-minütigen Beobachtungsintervall bei Schweinen der Rasse Miniaturschwein. p ≤ 0,05 (*), p ≤ 0,01 (**), p ≤ 0,001 (***).....	66

Tabelle 12: Prozentualer Anteil an Schweinen mit einem bestimmten Verhalten im 21-minütigen Beobachtungsintervall bei der Rasse Miniaturschwein (Angaben in %) $p \leq 0,05$ (*), $p \leq 0,01$ (**), $p \leq 0,001$ (***).....	66
Tabelle 13: Gesamtdauer von Verhaltensweisen (in Sekunden) im 21-minütigen Beobachtungsintervall bei Schweinen der Rasse Pietrain.....	67
Tabelle 14: Anzahl Wiederholungen von Verhaltensweisen im 21-minütigen Beobachtungsintervall bei Schweinen der Rasse Pietrain: $p \leq 0,05$ (*), $p \leq 0,01$ (**), $p \leq 0,001$ (***).....	68
Tabelle 15: Prozentualer Anteil an Schweinen mit einem bestimmten Verhalten im 21-minütigen Beobachtungsintervall bei der Rasse Pietrain (Angaben in %).	68
Tabelle 16: Gesamtdauer von Verhaltensweisen (in Sekunden) im 21-minütigen Beobachtungsintervall bei Schweinen der Rasse Miniaturschwein: $p \leq 0,05$ (*), $p \leq 0,01$ (**), $p \leq 0,001$ (***).....	69
Tabelle 17: Anzahl Wiederholungen von Verhaltensweisen im 21-minütigen Beobachtungsintervall bei Schweinen der Rasse Miniaturschwein.	70
Tabelle 18: Prozentualer Anteil an Schweinen mit einem bestimmten Verhalten im 21-minütigen Beobachtungsintervall bei der Rasse Miniaturschwein (Angaben in %).	70
Tabelle 19: Reduktion der Verhaltensfrequenz durch die Weste bei den unterschiedlichen Musikstilen einschließlich Kontrolle und der beiden Rassen (Angaben in %).	71
Tabelle 20: Mittelwerte und Standardabweichungen der Atem- (BPM) und Herzfrequenz (HR) sowie verschiedener EKG-Parameter bei Miniaturschweinen (MI) und Pietrain (PI) ohne Musikbeschallung. $p \leq 0,05$ (*), $p \leq 0,01$ (**), $p \leq 0,001$ (***)	72
Tabelle 21: Mittelwerte und Standardabweichungen der Atem- (BPM) und Herzfrequenz (HR) sowie verschiedener EKG-Parameter bei Miniaturschweinen (MI) und Pietrain (PI) mit Musikbeschallung. $p \leq 0,05$ (*), $p \leq 0,01$ (**), $p \leq 0,001$ (***)	73

Abkürzungsverzeichnis

A	Arteria
ACTH	Adrenocortikotropes Hormon
AF	Atemfrequenz
BPM	Breath per minute (Atemfrequenz)
BWV	Bach-Werke-Verzeichnis (J.S. Bach)
C	Celsius
CD	Compact Disc
cm	Zentimeter
CRH	Corticotropin-releasing Hormon
CT	Computertomographie
dB	Dezibel
DBP	Diastolischer Blutdruck
EEG	Elektroenzephalogramm
EKG	Elektrokardiogramm
g	Gramm
GDS	Geratric Depression Scale
HF, HR	Herzfrequenz (HF), Heart rate (HR)
HHN	Hypothalamus-Hypophysen-Nebennierenrinden-Achse
HKS	Herz-Kreislauf-System
HM	Heavy Metal (Disturbed)
Hz	Hertz
HZV	Herz-Zeit-Volumen
JLU	Justus-Liebig-Universität Gießen
kg	Kilogramm
kHz	Kilo-Hertz
KL	Klassik (Bach)
KO	Kontrollgruppe
KV	Köchel-Verzeichnis (W.A. Mozart)
l	Liter
LAN	Local Area Network (Rechnernetz)
m	Meter
Max	Maxima

Min	Minima
min	Minute
MI	Wiesenauer Miniaturschwein
Mg	Miligramm
MHz	Megahertz
MHS	malignes Hyperthermie-Syndrom
MJ	Megajoule
ml	Mililiter
MRT	Magnetresonanztomographie
ms	Milisekunden
n	Anzahl
N	Nervus
NNR	Nebennierenrinde
Op	Operation
op	opus
PC	personal computer
PI	Pietrain-Schweine
ppm	parts per million (steht für die Zahl 10^{-6})
RWZ	Raiffeisen Waren-Zentrale
s	Sekunde
SBP	Systolischer Blutdruck
SE	Standard-Error (Standard-Fehler)
STAI-Index	Stait-Trait Angst-Index
Wdh	Wiederholung

1 Einleitung

Jeder Mensch hat für sich selber schon einmal wahrgenommen, wie Musik positive oder negative Emotionen wecken kann. Musik kann Gefühle des Glücks oder der Trauer hervorbringen, unterstützen oder aber verstärken (Wilkins und Moore 2004, Kemper und Danhauer. 2005, Larsen und Galletly 2006). Befasst man sich näher mit dem Thema Musik, so erkennt man, dass es sich um einen sehr komplexen Themenbereich handelt, ebenso wie die Tatsache, dass Noten nicht eine gesamte Symphonie ausmachen. Musik kann dabei nicht nur Emotionen beeinflussen, sie hat darüber hinaus vielerlei andere beeindruckende Auswirkungen auf den Körper und die Psyche des Menschen (Cardozo 2004, Bock 2010). Sie bewegt somit die Grundsteine unseres Seins, Herzens und Gehirns.

Die Beziehung von Musik und Medizin ist jedoch kein Gedankengut der Neuzeit. Versucht man die Wurzeln zu verfolgen, so zeigt sich, dass bereits die Schamanen eine therapeutische Wirkung von Musik auf den Menschen erkannt hatten; diese Beobachtungen sind seit jener Zeit durch die Geschichte bis hin zu der heutigen Gegenwart zu verfolgen (Dastugue 2000). Die Schamanen nutzten die Musik, um Kranke in eine Art Trance und Hypnose zu versetzen. Durch diese Maßnahmen sollten die Patienten den Fokus von ihren Schmerzen auf die Musik verlegen. In der Antike schritt das Wissen über die Interaktion von Medizin und Musik fort (Kummer 1977, Altenmüller 2002, Spitzer 2003). Es galt, durch den Puls (Takt) der Musik, den Puls des Menschen zu beeinflussen. Der spätantike römische Gelehrte Anicius Manlius Severinus Boethius (*um 480/485; †zwischen 524 und 526) unterschied drei Bereiche, Musik und Heilkunst miteinander zu verknüpfen: *Musica mundana* (Wechselwirkung der Planeten am Himmel), *Musica humana* (Zusammenspiel der Organe) und *Musica instrumentalis* (Gesamtheit der Musik)(Spitzer 2003). Mit dem Beginn der Renaissance begann auch die Blütezeit der Wissenschaften. Anatomisches Wissen wurde vor allem von Leonardo Da Vinci (1452-1519) und Andreas Vesalius (1514-1564) geprägt. Die Zusammenwirkung der Organe rückte zu dieser Zeit in den medizinischen Fokus, so wie es in der „*Musica humana*“ von Boethius etwa 1000 Jahre vorher bereits vorgeschlagen wurde. Komponisten dieser und späterer Zeitepochen versuchten dieses Zusammenwirken von Musik und Organen („*Musica humana*“) in musikalischen Darbietungen auszudrücken. Während dieses Vorhaben im 15./16. Jahrhundert insbesondere in den Klöstern durch die Kirchenmusik verwirklicht wurde, waren es im 18. Jahrhundert vor allem Kompositionen von Joseph Haydn (1732-1809),

Wolfgang Amadeus Mozart (1756-1791) und Ludwig van Beethoven (1770-1827), die Wien zum Zentrum von Musik und Medizin machten und diese Ideen umsetzten. Musikalische Bildung gehörte zu der Zeit der Klassik, zur Kultur der höheren Kreise. Ein vollkommener Arzt war in gleichermaßen wissenschaftlich und auch musikalisch gebildet (Dastugue 2000). Im letzten Jahrhundert gelang es durch das Aufkommen von bildgebenden Verfahren wie Magnetresonanztomographie (MRT), Computertomographie (CT) und vielen mehr, die Musik wieder in das Interesse der Forschung, genauer gesagt der Hirnforschung, zu bringen (Altenmüller et al. 2012, Horning 2012, Trainor 2012, Zimmermann und Lehav 2012). Mit der Möglichkeit, zerebrale Verarbeitungsprozesse bildlich (vor allem durch MRT-Untersuchungen) darzustellen, rückte die Verarbeitung von Musik in diesem Bereich in den Mittelpunkt des Interesses (Sidorenko 2000, Shemagonov und Sidorenko 2000). Die musikbezogenen neurologischen Prozesse wurden systematisch erforscht und die seit Jahrtausenden beschriebenen Theorien einer Beeinflussung von Organfunktionen durch Musik bestätigt (Grandjean et al. 2008, Berkowitz und Ansari 2010, Trappe 2012). Neben Untersuchungen zur Wirkung von Musik auf zerebrale Prozesse wurde eine seit der Antike verfolgte Theorie, den „Puls des Körpers“ durch den „Puls der Musik“ zu beeinflussen, analysiert und erforscht (Hyde und Scalapino 1918, Joseph et al. 2005). Die vor allem neurologisch und kardiologisch gewonnenen Forschungsergebnisse und Erkenntnisse der Musikwirkung auf den Menschen wurden in therapeutische Konzepte integriert. So entstand im Laufe der Zeit die Musiktherapie, welche heute in vielen Bereichen der Medizin (insbesondere der Rehabilitation) erfolgreich angewendet wird (Maguire 2012, Tervaniemi et al. 2012, Potes et al. 2012).

Dennoch bleiben viele Fragen der Interaktion von Musik und Medizin offen: Es ist insbesondere ungeklärt, welche Musikstile günstig oder eher „schädlich“ sind und ob der Einfluss von Musik von der Psyche des Menschen abhängig ist oder als unabhängiger Faktor auch im Tiermodell zu beobachten ist. Es ist unklar, ob Verhaltensweisen von Mensch und Tier von verschiedenen Musikstilen abhängen und ob psychologische und physiologische Parameter beeinflusst werden können.

Die Analyse Jahrhunderte alter Theorien der Verknüpfung von Musik und Medizin von der Antike bis in das 21. Jahrhundert kann treffend mit den verschiedenen Sätzen einer Symphonie verglichen werden: Der erste Satz der Symphonie ist entschlüsselt, über ihn

können wir Aussagen treffen. Die anderen Sätze der Symphonie sind noch nicht entschlüsselt, sie sind noch lange nicht zu Ende und viele Fragen sind offen.

2 Literaturübersicht

2.1 Effekte von Musik bei Mensch und Tier

2.1.1 Zerebrale Verarbeitung von Musik beim Menschen

Es ist keine Seltenheit, dass wir uns beim Hören von Musik rhythmisch bewegen. Musik animiert uns, z.B. mit den Fingern zu tippen, mit dem Fuß zu wippen oder mit dem Körper zu schwingen. Auf der anderen Seite kommen uns bei bekannten Musikstücken Erlebnisse ins Gedächtnis, die wir im Zusammenhang mit dem Musikstück früher erfahren haben, aber schon lange vergessen hatten. Musik kann uns so fröhlich, aber auch traurig stimmen, ohne dass diese Stimmungsschwankungen bewusst von uns gesteuert werden. Was aber sind die Mechanismen, die dahinter stecken? Hat Musik wirklich signifikante Auswirkungen auf unsere zerebrale Verarbeitung?

Koelsch hat über mehrere Jahre hinweg die zerebrale Verarbeitung von Musik anhand von MRT- und EEG-Untersuchungen erforscht (Koelsch 2010). In seinen Arbeiten stellte er heraus, dass das erste akustische Signal als eine Druckwelle der Luft wahrgenommen wird. Diese gelangt ins Innenohr und wird hier in einen neuronalen Impuls umgewandelt. Dieser neuronale Impuls wird an den auditorischen Hirnstamm weitergeleitet. Hier sind im EEG schon spezifische Antworten in Form von elektrischen Potentialen für Klanghöhe, Klangfarbe und Rauigkeiten erkennbar (Sinex et al. 2003). Die Weiterleitung erfolgt über den Thalamus und von hier aus an den primär auditorischen Kortex, Amygdala und den orbitofrontalen Kortex. Die Amygdala ist verantwortlich für unsere emotionalen Prozesse, der auditorische Kortex für die Wahrnehmung akustischer Merkmale und der orbitofrontale Kortex ist für die sensorische Verarbeitung zuständig.

Im nächsten Schritt erfolgt laut Koelsch die Gestaltenbildung der auditorischen Information (Koelsch 2009). Diese gehen an das auditorisch sensorische Gedächtnis, nehmen nun Gestalt an und werden anhand von Ähnlichkeit, Nähe und Kontinuität gruppiert. Die Analyse der Stücke wird nochmals unterteilt im Gehirn wahrgenommen. So zeigen sich Änderungen der Potentiale im rechten Gyrus temporalis superior posterior für die Wahrnehmung der Kontur einer Melodie und die Intervall-Analyse bilateral im Gyrus temporalis superior anterior und posterior (Peretz und Zatorre 2005, Zatorre 2005). Im Anschluss hieran findet die Bildung

einer syntaktischen Struktur statt. Das Verarbeitete wird gespeichert und steht somit zum Abruf zur Verfügung. Auch bei Nicht-Musikern sind diese neuronalen Prozesse zu erkennen, also scheint diese neuronale Verarbeitung automatisiert zu sein (Koelsch 2009). Folge dieser Musik-syntaktischen Verarbeitungsprozesse können emotionale Effekte sein. Des Weiteren stellt Koelsch in seinen Arbeiten (2009, 2010) dar, dass im Körper auch das vegetative Nervensystem durch die Verarbeitung von Musik aktiviert wird. So beschreibt die Arbeit von Hucklebridge et al. 2000, dass durch Musikstimulierung anhand elektrodermalen Messungen eine Aktivierung des vegetativen Nervensystems und der Herzfrequenz nachgewiesen werden konnte. Es wurde darauf hingewiesen, dass eine Handlungsinduktion durch Musikwahrnehmung möglich wird. Hinweise zeigen, dass der Mensch beim Hören von Musik animiert wird, mitzuwippen, zu klatschen oder sich zu bewegen. Dieses hat sehr wahrscheinlich auch eine soziale Funktion: Über die Musik oder das Musizieren wird innerhalb einer Gruppe eine Verbindung hergestellt (Trappe 2012). Diese Phänomene können heute in der Therapie von Kindern mit Autismus (Kim et al. 2009) und Patienten mit Depressionen (Chan et al. 2009, Chan et al. 2012) genutzt werden. Die Musik stellt bei solchen Krankheitsbildern ein Bindeglied dar, indem sich Patienten, die Probleme haben, sich auszudrücken und ihrer Umwelt mitteilen können.

Nicht nur Koelsch befasst sich mit dem Thema „Musik und zerebrale Verarbeitung“. Es gibt in der Literatur auch andere Arbeiten, die aufzeigen, welche immensen Auswirkungen alleine das Musikhören auf unsere Gehirnverarbeitung hat. Osuch et al. beschäftigten sich 2009 ebenfalls mit dem Thema der zerebralen Aktivierung von Gehirnstrukturen. Sie untersuchten die Auswirkungen von Musik an Normalprobanden und an Depressiven. Als Ergebnis stellte sich heraus, dass bei beiden Gruppen eine Aktivierung im medialen präfrontalen Kortex, medialen orbitofrontalen Kortex, dem ventralen Striatum und dem Nucleus accumbens stattfindet. Bei Menschen mit Depressionen zeigte sich eine deutliche Einschränkung in der Aktivität dieser Areale. Der Nucleus accumbens ist Teil der mesolimbischen Bahn. Eine Stimulation führt über seine D₂-Rezeptoren zu einer erhöhten Ausschüttung von Dopamin, das auch als „Glückshormon“ bezeichnet wird. Durch diese Arbeit werden die „beflügelnde“ Wirkung der Musik und die Auswirkungen auf den Körper deutlich, die deshalb bei depressiven Menschen therapeutisch genutzt werden kann. Akiyama und Sutoo haben 2010 in ihrer Studie ebenfalls eine Beziehung zwischen Musik und Dopamin in Bezug auf die Synthese und daraus folgenden Wirkungen auf den Blutdruck herausstellen können.

Die Musik wird zum großen Teil in der rechten Hemisphäre verarbeitet (Zatorre 1985, Zatorre 2005, Trappe 2009, Koelsch 2005). Zatorre zeigte in seiner Arbeit, dass eine Behinderung in

der Wahrnehmung von Tonhöhen und melodischer Unterscheidung erfolgt, wenn man die rechte Hemisphäre zerstört (besonders im frontalen und temporalen Cortex)(Zatorre 1985). Auch die linke Hemisphäre wird durch Musik beansprucht. In ihr finden Verarbeitungsprozesse für analytisches, abstraktes und rationales Denken statt (Trappe 2009). In ihr finden jedoch auch Prozesse statt, welche beim Verarbeiten von Gesprochenem aktiviert werden (Koelsch 2005, Koelsch et al. 2008). Musikverarbeitung ist kein „Solostück“, welches nach einem einfachen Schema verläuft. Vielmehr ist es eine „Symphonie im Kopf“, welche aus einer Abfolge von Einzeltönen, einzelnen Musikern, verschiedenen Instrumenten, Rhythmus und Timbre zusammengesetzt wird und so eine Harmonie mit einem komplexen Hintergrund ergibt.

2.1.2 Musik und Schmerzverarbeitung

Dem Zuhören von Musik liegt nicht ein simpler Ablauf zu Grunde, sondern es handelt sich um eine hoch komplexe Erregung zahlreicher Areale im Gehirn (Zatorre 2005, Trappe 2009). Beide Gehirnhälften werden angesprochen, erregt und somit harmonisiert. Die Beeinflussung unterschiedlicher zerebraler Areale und Verarbeitungsprozesse von Musik wird vor allem im Bereich der Schmerztherapie genutzt, da Schmerz ebenfalls zerebral entsteht, wahrgenommen und verarbeitet wird. Wie bereits erwähnt, benutzten schon die Schamanen Musik, um ihren Patienten sowohl die Angst als auch den Schmerz zu mildern (Spitzer 2003). Die Wirkungen von Musik und die Nutzung der beobachteten Effekte bei Schmerzpatienten werden demnach seit Jahrtausenden genutzt.

Schmerz und Angst sind Phänomene, die bei Menschen oft gemeinsam vorliegen. Deshalb ist neben der Beeinflussung von Schmerz auch die Reduktion/Beseitigung von Ängsten ein Ziel musiktherapeutischer Strategien. Krebskranke Kinder in Erwartung einer Lumbalpunktion, zeigten eine signifikante Milderung ihres STAI-Index (Stait-Trait Angstinventar ausgerichteter Fragebogen zur Einordnung von Angstempfindungen) durch Musikbeschallung (Nguyen et al. 2010). Es konnte herausgestellt werden, dass im Gegensatz zur Kontrollgruppe, bei der keine Musik eingesetzt wurde, sowohl der Schmerz-Score als auch physiologische Parameter wie Herzfrequenz und Atemfrequenz deutlich erniedrigt wurden. In anderen Studien wird darauf hingewiesen, dass Musik die Fähigkeit besitzt, uns Menschen ein besseres Wohlfühl („human welfare“) zu verschaffen, uns von schmerzhaften Ereignissen

abzulenken, so dass wir diese als nicht so schlimm einstufen (Bailey 1986, Bernatzky et al. 2011, Goertz et al. 2011). Durch diese Verbesserung der „human welfare“ kann Musik, neben einer Beeinflussung von Schmerzen und Ängsten, auch zu einer Förderung von Heilungsprozessen führen (Nilsson 2008, Nilsson et al. 2009, Nilsson et al. 2011, Wakim et al. 2010). Neben Beeinflussung von Schmerz, Angst und besserem Wohlfühl ist auch die Relaxation (Entspannung) eines Menschen ein nachgewiesener Effekt von Musik, der durch Senkung des Kortisol-Spiegels und Erhöhung des Oxytocin-Spiegels erreicht wird. Diese „hormonellen Auswirkungen“ von Musik wurden von verschiedenen Autoren belegt (Nilsson 2008; Koelsch et al. 2011, Kollár 2011, Good et al. 2012).

2.1.3 Musik und kardiovaskuläres System

Die Wirkung von Musik wird durch hochkomplexe zerebrale Prozesse erreicht, die zur Beeinflussung des vegetativen Nervensystems und zu hormonellen und/oder emotionalen Veränderungen führen (Koelsch 2005). Aufgrund eindeutig nachgewiesener zerebraler/neuronaler Beeinflussung durch Musik ist es nicht verwunderlich, dass in den vergangenen Jahren zahlreiche Arbeiten veröffentlicht wurden, die sich mit anderen Auswirkungen von Musik beschäftigen, die ebenfalls vom zentralen Nervensystem beeinflusst werden, insbesondere der Änderungen von Herz-Kreislauf-Parametern. Die Ergebnisse dieser publizierten Arbeiten weisen auf signifikante Auswirkungen von Musik auf Parameter wie Herzfrequenz (HF), diastolischer und systolischer Blutdruck und Atemfrequenz hin (Argstatter et al. 2006, Khalfa et al. 2008, Bernardi et al. 2009, Lemmer 2008, Akiyama und Sutoo 2010).

Bernardi und Mitarbeiter beschäftigten sich 2009 mit dem Thema der Musikauswirkung auf die Herz-Kreislauf-Parameter des Menschen. Sie untersuchten an 24 Probanden (12 Choristen und 12 Laien als Kontrollgruppe) die Auswirkungen von Musikstilen verschiedener Komponisten auf EKG, Blutdruck, zerebralen Blutfluss, Atemfrequenz und Endothelfunktion. Die Stücke entstammten unterschiedlichen Stilrichtungen: Vokal- (Puccini „Turandot“) oder Instrumentalmusik (Beethoven „9. Symphonie“) bzw. „uniforme“ Musik (Bach „Kantate 169: „Gott soll allein mein Herz haben“) bzw. rhythmische Kompositionen (Verdi „Va pensiero“ und „Libiam nei lieti calici“). Die Parameter der Patienten wurden in einer Ruhephase, während der Musikexposition und danach während einer 2 minütigen Ruhephase

aufgezeichnet. Als Ergebnis dieser Untersuchungen wurde nachgewiesen, dass eine signifikante Erniedrigung des zerebralen Blutflusses unter Verdi's „Va pensiero“ im Vergleich zu Verdi's „Libiam nei lieti calici“ stattgefunden hat. Unter der Musikexposition von Beethoven wurde eine solche Auswirkung nicht beobachtet, jedoch zeigte sich eine Steigerung von Blutdruck und Herzfrequenz. Desweiteren wurde darauf hingewiesen, dass jedes Crescendo zu einer endothelialen Vasokonstriktion führte. Die Vokal- und Orchestralmusik zeigte das gleiche Phänomen wie bei Beethoven. Bach hingegen führte zu einer signifikanten Senkung des Blutdrucks und zu einer Vasodilatation. Kein signifikanter Unterschied konnte in dieser Arbeit zwischen Choristen und der Kontrollgruppe beobachtet werden.

Auswirkungen von Musik auf das Herz- Kreislauf- System wurden auch in anderen Studien nachgewiesen. Nakahara und Mitarbeiter untersuchten 2009 in einem Vergleich von Musikperformance zu Musikwahrnehmung bei Pianisten die Auswirkungen dieser Parameter auf das Herz-Kreislauf-System (HKS). Es zeigte sich in dieser Studie, dass expressives Klavierspiel im Gegensatz zum Hören nicht expressiver Stücke zu einer signifikant konstant höheren Herzfrequenz führte. Auch eine Beeinflussung (Steigerung) der Atemfrequenz wurde in dieser Arbeit nachgewiesen. Es ist unstrittig, dass Musik die Psyche des Menschen beeinflusst und zu positiven wie negativen Emotionen führen kann. Khalfa und Mitarbeiter untersuchten 2008 die unterschiedliche Beeinflussung von Herz-Kreislauf-Parametern im Vergleich von „fröhlicher“ zu „trauriger“ Musik. Die Autoren untersuchten auch, welche Effekte sich im Vergleich der Musikrichtungen auf elektrodermale Aktivitäten und auf Gesichtszuckungen zeigten. Als Ergebnis wurde deutlich, dass bei „fröhlicher“ Musik der Sympathikotonus erhöht wurde. Es wurde ein Absinken der elektrischen Leitfähigkeit (gleichbedeutend mit Zeichen einer Schweißreaktion = erhöhter Sympathikotonus), nachgewiesen. Die zygomatische Aktivität war deutlich länger erhöht und es zeigte sich darüber hinaus ein höherer Blutdruck.

Ebenfalls mit dem Thema „Einfluss von Musik auf kardiovaskuläre Parameter“ beschäftigten sich Chan et al. in einer Arbeit von 2009. Sie untersuchten die Auswirkungen von Musik auf depressive Patienten. Die Autoren analysierten die Beeinflussung des GDS (Geriatric depression scale) sowie Auswirkungen auf systolischen bzw. diastolischen Blutdruck, Herz- und Atemfrequenz. 25 Probanden mussten über 4 Wochen jeden Abend 30 Minuten vor dem zu Bett gehen Musik hören und die Ergebnisse wurden mit einer Kontrollgruppe aus 25 Teilnehmern verglichen. Innerhalb von 4 Wochen zeigte sich in der Musikgruppe ein hoch signifikanter Abfall von GDS, Herzfrequenz, Atemfrequenz und DBP (diastolischer

Blutdruck). Nach den Ergebnissen von Chan und Mitarbeitern (2009) stellt die Musik eine Verbindung zu Erinnerungen, Emotionen sowie Motivation und Lernprozessen her. Depressive können sich durch Musik ausdrücken. Die beanspruchten Emotionen sollen auf das limbische System wirken. Für die Veränderungen in HF, DBP und AF werden herabgesetzte Adrenalin-Spiegel verantwortlich gemacht.

2.1.4 Einfluss von Musik auf Tiere

In der Literatur ist zu dem Thema „Einfluss von Musik auf Tiere“ nur wenig zu finden. Lemmer untersuchte 2008 die Wirkung von Wolfgang Amadeus Mozarts Symphonie Nr. 4 und des Streichquartetts Nr. 2 von Ligeti auf den Blutdruck und die Herzfrequenz bei normo- und hypertensiven Ratten. In dieser Studie konnte nachgewiesen werden, dass zwar bei den normotensiven Ratten keine Effekte erzielt werden konnten, bei den hypertensiven Tieren jedoch ein positiver Effekt zu sehen war: Unter „Ligeti“ kam es zu einer signifikanten Reduktion der Herzfrequenz und zu einer Zunahme des systolischen Blutdrucks. Die Beschallung der Tiere mit „Mozart“ erzielte jedoch keine Effekte. Eine weitere Studie zu diesem Thema wurde von Akiyama und Sutoo 2010 vorgelegt. Sie untersuchten die Auswirkungen von Mozart's „Divertimento Nr. 7, D-Dur“ auf das kalziumabhängige Dopamin-Synthese System. Diese Versuche wurden an hypertensiven Ratten vorgenommen. Es zeigte sich, dass sowohl die Kalzium-Spiegel als auch die Dopamin-Synthese unter der Musikbeschallung anstiegen. Elaine Videan und Mitarbeiter untersuchten 2007 die Auswirkungen von Musik bei Chimpansen. In dieser Studie wurde beobachtet, dass die Primaten durch instrumentale Musik kontaktfreudiger wurden. Durch vokale Musik konnte eine signifikante Reduktion aggressiver Verhaltensweisen erzielt werden. Jennifer Sills beschrieb 2007 in ihrem Artikel, dass Sperlinge es bevorzugten, Bach und Vivaldi zu hören. Zur Auswahl wurde den Vögeln Klassik, Stille und moderne Musik vorgespielt.

Außer den Studienergebnissen von Lemmer 2008, Hinds et al. 2007 und Akiyama und Sutoo 2010 sind keine anderen Studien zur Beeinflussung von Herz-Kreislauf-Parametern durch Musikbeschallung unseres Wissens nach vorgelegt worden.

2.1.5 Verhalten

Säugetiere werden mit angeborenen Instinkten geboren (Fraser 1978). Diese statten Mensch und Tier ab der Geburt mit einem gut funktionierenden ersten Verhaltensrepertoire aus (Fraser 1978). Lebewesen werden in eine Umwelt hineingeboren, mit der sie sich auseinandersetzen müssen, um zu überleben. Im Laufe des Lebens erfahren sie durch die Ausprägung der Instinkte, sowie durch eine Vielzahl an Lernprozessen, essentielle Verhaltensmuster, um ihre Umwelt bewältigen zu können.

Verhalten wird durch bestimmte Reize ausgelöst, die sowohl endogen (Hunger) als auch exogen (Farbe, Duft von Nahrung) bestimmt sein können. Ein jedes Verhalten hat zum Ziel, die Bedarfsdeckung aufrecht zu erhalten und Schäden zu vermeiden, um somit Selbstaufbau, Selbsterhalt und die Fortpflanzung gewährleisten zu können. Dieses stellt den Antrieb eines Verhaltens dar, hieraus ist seine Motivation begründet. Alles dient dem Erwerb von Verhaltenskompetenzen, um mit sich und der Umwelt zurechtzukommen (Würbel 2003).

Um diese Parameter erfüllen zu können, muss sich das Lebewesen im Laufe seines Lebens an die Gegebenheiten seiner Umwelt anpassen. Durch Erfolg und Misserfolg werden hierfür immer neue Verhaltensstrategien erlernt, immer im Hinblick auf Selbstaufbau, Selbsterhalt und Fortpflanzung. Alles ist ein Zusammenspiel von Erbe und Umwelt. Grundsätzlich setzt sich das Verhalten aus den oben genannten endogenen und exogenen Reizen zusammen. Hieraus folgt dann ein Such- und Appetenzverhalten (Futtersuche)(Buchenauer 1998). Als letztes erfolgt die Endhandlung (Futteraufnahme). Ist die Endhandlung vollzogen, so sinkt der Reiz für das jeweilige Verhalten. Erfolgt diese Endhandlung jedoch nicht, verstärkt sich der Reiz.

Speziell auf das Tier bezogen wird Verhalten unterteilt. Dieses kann durch die Einteilung in verschiedene Funktionskreise erfolgen. Buchenauer (1998) bezeichnet diese als: Ernährungsverhalten, Ausruhverhalten, Lokomotionsverhalten, Ausscheidungsverhalten, Fortpflanzungsverhalten, Sozialverhalten, Feindvermeidungsverhalten und Komfortverhalten. Es gilt für das Tier, sich mit Umweltfaktoren (z.B. Klima), Artgenossen (z.B. Fortpflanzungspartner, Konkurrenz) sowie Infektionserregern (z.B. Viren, Bakterien, Parasiten) auseinander zu setzen. Hierzu muss es in der Umwelt seine Ressourcen (z.B. Futter, Wasser, Ruheplätze) wahrnehmen können. Eine weitere Schwierigkeit ist mit der Domestikation der Tiere entstanden, womit sich die Tiere mit einer Umwelt in Gefangenschaft auseinander setzen müssen. Das Verhalten stellt eine aktive Strategie der

Tiere dar, um sich in der normalen oder veränderten Umwelt anzupassen. Ist es dem Tier hingegen nicht möglich, seine Reize in einer veränderten Umwelt auszuleben (z.B. durch eine reizarme Umwelt), kann es bei ihm zu erheblichen Störungen im Verhalten kommen (Grauvogl et al. 1997, Würbel 2003, Duncan 2005).

2.1.5.1 „Animal welfare“

Nach dem zweiten Weltkrieg hat eine enorme Intensivierung der Landwirtschaft stattgefunden (Gonyou 1994, Pajor 2005, Kittawornat und Zimmermann 2010), auch in der Schweinezucht und Schweinemast. Die Schweine, die sich zuvor meist in kleineren Gruppen im Freien aufhielten, wurden nun in größeren Gruppen in Stallungen gehalten. Dieses erwies sich als Vorteil. Die frei gewordenen Flächen wurden als Agrarland genutzt und Fütterungsstrategien konnten effizienter umgesetzt werden. Die Haltung der Schweine wurde automatisiert. Dieses forderte von den Tieren eine hohe Anpassung an eine eintönige und abwechslungsarme Umwelt. Es ist den Tieren nicht möglich, ihren Drang nach Exploration in ausreichender Weise auszuüben und zu befriedigen. Langeweile und Verhaltensprobleme treten auf, gefolgt von physischen Störungen (Wechsler 1995, Wemelsfelder 2005). Mit dieser Technisierung und „Massentierhaltung“ rückte allein die Leistungsfähigkeit bei möglichst geringer wirtschaftlicher und zeitlicher Aufbietung des Tieres ins Interesse des Landwirts (Fraser 1978). Die moderneren Haltungsformen lassen ein normales Verhalten der Nutztiere in vielen Bereichen nicht zu.

1964 erschien das Buch von Ruth Harrison „Animal machines - the new factory farming industry“ in dem sie die Missstände, welche in der Landwirtschaft in Bezug auf das Wohlbefinden der Tiere herrscht, darlegte. Sie beschrieb, dass die Tiere als Maschinen angesehen werden. Sie legt in ihren Ausführungen dar, dass Tiere fähig seien, Schmerz, Leid und Stress zu fühlen, Emotionen wie Angst und Frustration haben und fähig seien, Wohlbefinden zu empfinden (Gonyou 1994). Als Reaktion wurde von der Britischen Regierung das „Brambell Komitee“ gegründet, welches aus Veterinären, Zoologen, Tierforschern und Biologen zusammengesetzt war. Sie sollten die Missstände in der Haltung der landwirtschaftlichen Nutztiere aufdecken und eine Neuerung im Hinblick auf das Wohlbefinden („animal welfare“) in der Intensivhaltung der Tiere bestimmen. Alles unter dem Gesichtspunkt, dass Nutztiere bestimmte Verhaltensbedürfnisse haben und ausführen

müssen, um sich „wohl“ zu fühlen. In einer reizarmen Umgebung sind solche Verhaltensbedürfnisse nicht oder kaum möglich und führen zum Unwohlsein der Tiere. Dieses wiederum kann zu schweren Verhaltensstörungen oder sogar zu Schäden am Tier selbst oder seinen Artgenossen führen (Sambraus 1981, Grauvogl 1997, Duncan et al 2005). Das „Farm animal welfare council“ beschrieb später die 5 Freiheiten, welche ein Nutztier haben muss, um ein Wohlbefinden empfinden zu können (Gonyou 1994, Pajor 2005, Kittawornat und Zimmermann 2010).

1. Freiheit von Durst, Hunger und Unterernährung
2. Freiheit von Unbehagen
3. Freiheit von Schmerz, Verletzung, Krankheit
4. Freiheit, normales Verhalten zum Ausdruck zu bringen
5. Freiheit von Furcht und Not.

Später kam die Frage nach der Beziehung zwischen der Ethologie und „animal welfare“ auf. Nach Würbel (2003) ist die Ethologie „eine Verhaltenswissenschaft oder Verhaltensbiologie ohne Einengung auf bestimmte Schulen oder Forschungsdisziplinen“. Verhaltensbiologie ist eine Disziplin, die an den Grenzen der Ökologie und Physiologie angesiedelt ist“ (von Sachsen-Coburg 2005). Ab den 1960er Jahren beschäftigte sich eine Vielzahl von Studien mit der Erforschung und Bedeutung von „animal welfare“ und der Messung von Verhalten.

Was ist „animal welfare“ und welche Bedeutung hat es im Verhalten von Tieren? „Animal welfare“ beinhaltet Bereiche der Verhaltensökonomie, Evolution, Neurowissenschaften, Tierverhalten, Genetik, kognitive Wissenschaft und Bereiche der Bewusstseinsforschung. Wohlbefinden von Tieren darf nicht nur an (bereits) physiologisch messbaren Werten ausgemacht werden. Auch das Mentale muss eine zentrale Rolle in der Bewertung von Wohlbefinden finden (Dawkins 2003, Duncan 2005, Pajor 2005). Nach Lorz (1987) stellt sich Wohlbefinden als „Zustand physischer und psychischer Harmonie mit sich und der Umwelt“ dar. Außerdem muss „ein Fehlen von Schmerzen, Leiden und Schäden sowie Vorhandensein von Gesundheit vorhanden sein und in jeder Beziehung ein normales Verhalten“.

Hier ist auch der Ansatz unseres Tierschutzgesetzes (TSchutzG) verankert (1998). Dieses besagt im § 1: „Zweck dieses Gesetzes ist es, aus der Verantwortung des Menschen für das Tier als Mitgeschöpf dessen Leben und Wohlbefinden zu schützen. Niemand darf einem Tier ohne vernünftigen Grund Schmerzen, Leiden oder Schäden zufügen.“

Laut van Putten (1978) erfährt das Tier Wohlbefinden, wenn „die Umwelt das Anpassungsvermögen der Tiere nicht überfordert“. Befindet sich ein Tier in hoher Handlungsbereitschaft, ohne dass ein Reiz wahrgenommen werden kann, wäre die eigentliche

Strategie des Tieres, ein Appetenzverhalten auszuüben. Ist dieses aufgrund räumlicher Einengung oder wegen einer zu geringen Anreicherung der Umwelt nicht möglich, vollzieht das Tier Strategien, welche sinnlos oder sogar destruktiv sein können. Eine Verhaltensstörung ist es dann, wenn es von seinem Normverhalten abweicht und an sich selbst oder an seinen Kumpanen Schmerzen oder Beschädigungen hervorruft (Grauvogl 1997). Tiere haben eine starke innere Motivation, ein Verhalten auszuführen. Es entsteht Frustration, wenn dieses Verhalten in der Umwelt in der das Tier gehalten wird nicht ausgeführt werden kann (Duncan 2005). Durch diese Verhaltensstörungen ist es dem Tier nicht mehr möglich, seinen Selbstaufbau und seinen Selbsterhalt sowie die Fortpflanzung zu gewährleisten. Das Tier erfährt „Leid“. Nach Dawkins (2003, 2006) umfasst Leid eine Reihe unangenehmer emotionaler Zustände, die kurzfristig oder weniger heftig, dafür aber über einen längeren Zeitraum bestehen können. Sambras beschrieb 1981, dass Tiere nicht nur leiden, wenn sie Schmerzen haben. Es gebe auch immaterielles Leiden, das auftritt, wenn Tiere in ihrem Bewegungs- oder Beschäftigungsbedürfnis übermäßig eingeschränkt werden. Nach Würbel (2003) tritt daraufhin ein Triebstau auf, welcher sich in Verhaltensstörungen äußert.

Es gilt im Folgenden zu klären, wie man „animal welfare“ messen kann: Nach Dawkins 2003 und Duncan 2005 ist „animal welfare“ gegeben, wenn keinerlei mentale oder physische Einschränkungen am Tier zu erkennen sind. Nach Dawkins (2003, 2006) gilt es in diesem Zusammenhang zwei Fragen zu beantworten: 1. Sind die Tiere gesund? 2. Haben die Tiere alles, was sie benötigen? Als physikalische Werte sind z.B. die Atemfrequenz, Herzfrequenz und ggf. Corticosteroide zu erheben. Diese liefern allerdings nur Hinweise auf eine mögliche Überforderung in der Anpassung. Ob die Tiere alles haben, was sie brauchen, ist schon wesentlich schwieriger zu beantworten. Wenn sich die Tiere wohl fühlen, zeigen sie ein Normverhalten. Hier drängt sich die Frage auf, was als Normverhalten zu werten ist. Viele Wissenschaftler haben deutlich herausgestellt, dass ein genaues Beobachten des Verhaltens der Artgenossen (gerade der Wildformen) unerlässlich ist, um diese Fragen zu beantworten (Gonyou 1994). Möglichkeiten zur Bewertung des Normverhaltens können durch Wahlversuche oder durch Präferenztests erhoben werden. Die Interpretation der Befunde bleibt jedoch in jedem Falle schwierig.

Es ist deutlich zu erkennen, dass es keine exakte Formel für die Bewertung von „animal welfare“ gibt. Vielmehr sind es bislang viele Einzelheiten, die genau beobachtet werden müssen, um zu einem Ergebnis zu gelangen.

2.1.5.2 Verhalten der Schweine

Bei der Beschreibung des Verhaltensrepertoires von Schweinen in einer Haltung, ist zu beachten, dass es sich um stark eingeschränktes Verhalten handelt. Aufgrund der räumlichen Einengung ist es den Schweinen nicht möglich, ihr normales, in freier Wildbahn beobachtetes Verhalten, auszuführen (Stolba und Wood-Gush, 1984). Es wird durch die verschiedenen Haltungssysteme verringert und gesteuert (van Putten 1978). Als Folge fehlerhafter Tierhaltung treten psychische und physische Störungen auf. Das Wohlbefinden der Tiere ist gestört.

Um über das Verhalten einzelner Tierarten auf deren Wohlbefinden schließen zu können, ist eine genaue Kenntnis über das Normverhalten Grundvoraussetzung. Abweichungen zeigen eine fehlerhafte Anpassung der Tiere und sollten behoben werden, um Schmerzen, Leiden und Schäden zu verhindern (Lorz 1987, Grauvogl 1997, Würbel 2003). Unterschiedliche Funktionsweisen, die im Folgenden erläutert werden, charakterisieren das Verhalten von Schweinen.

2.1.5.3 Tagesrhythmus

Schweine in artgerechter Haltung zeigen im Bezug auf ihre Aktivität, eine deutliche Tag-Nacht-Phase. Diese zeichnet sich durch eine vorherrschende Aktivitätsstimmung über den Tag und einer Ruhestimmung in der Nacht aus (Marx 1991).

Diese Phase kann durch die Haltungsbedingungen stark beeinflusst werden. So zeigen sich Änderungen in der Tagesrhythmik, bedingt durch das Alter der Tiere, die Beschaffenheit des Bodens, Stallarbeiten und Fütterung (van Putten 1978, Marx 1991, Buchenauer et al 1998).

Bei ad libitum Fütterung, stellt das Licht den stärksten Einfluss auf den Rhythmus dar. Es dient den Tieren als Zeitgeber und löst bei ihnen den Drang zur aktiven Erkundung der Umwelt aus. Die höchste Aktivität bei Schweinen aller Altersklassen liegt zwischen 13:00 Uhr und 18:00 Uhr (Beattie et al. 1995). Findet die Fütterung zu unregelmäßigen Zeiten statt, bedeutet dieses für die Tiere Stress, da sie sich nach keiner konstanten Uhrzeit richten können. Die Gruppe zeigt vermehrt Unruhe und ein gesteigertes Aggressionspotential (Buchenauer 1998).

Jakisch et al. (1996) konnten nachweisen, dass die Aktivität durch die Haltungsweisen beeinflusst wird. Mastschweine in eingestreuter Haltung zeigten eine längere Ruhephase als solche auf Spaltenboden. Dieses wurde auf den höheren Liegekomfort der Tiere zurückgeführt.

Absatzferkel haben am Mittag eine erhöhte Aktivitätsphase, wenn zu dieser Zeit erneut Stroh gereicht wird. Absatzferkel ohne diese zusätzliche Strohgabe, zeigten zu dieser Zeit eher Ruheverhalten (Fraser et al. 1991).

2.1.5.4 Sozialverhalten

Soziale Bindungen sind beim Schwein stark ausgeprägt. Die Schweine haben ein starkes Bedürfnis, durch Lautäußerungen, über die Körperhaltung oder visuell, Kontakt zu ihren Artgenossen aufzunehmen. Ihre „wilden Artgenossen“ leben in kleinen Untergruppen eng zusammen. Sie haben einen gemeinsamen Schlaf- und Liegeplatz. Hier kommen sie nachmittags und abends zusammen. Innerhalb der Gruppe herrscht eine feste hierarchische Struktur (Stolba und Wood-Gush 1984). Ebenso ist es bei Tieren in der landwirtschaftlichen Haltung. Bei Ferkeln ab dem 5.-10. Lebenstag ist bereits eine Saugordnung erkennbar. Bleibt die Gruppe in dieser Konstellation bestehen, geht die Ordnung von der Saug- in die Rangordnung über (Fraser 1978, Sambras 1991). Ältere Schweine stehen meist höher in der Rangordnung als Jüngere, schwergewichtige höher als leichtere, Eber höher als Sauen (Meynhardt 1990). Die Gruppengröße einer Rotte liegt bei ca. 10 bis 20 Tieren. Diese Anzahl sollte in einer Haltung nicht wesentlich überschritten werden, sonst steigt das Aggressionspotential innerhalb der Gruppe an. Die Tiere tragen immer wieder Rankämpfe aus, da bei einer zu hohen Anzahl an Tieren keine feste hierarchische Struktur festgelegt werden kann (Plonait 1988). Rangordnungskämpfe dienen auf lange Sicht gesehen einer Vermeidung von Aggressionen bei angemessener Gruppenanzahl (Fraser 1978).

Außer beim Liegen, ist es den Schweinen wichtig, eine gewisse Distanz zu den Kumpanen halten zu können. Stolba und Wood-Gush geben hierfür einen Abstand von 0,9 m zwischen Wurfgeschwistern, 1,4 m bei Ferkeln aus verschiedenen Würfen, 3,1 m zwischen Mutter und Ferkeln sowie 4,6 m zwischen nicht verwandten adulten Sauen. Bei Nichteinhalten dieser Abstände, ist es dem Schwein nicht möglich, eine normale Körperhaltung einzunehmen, da die Rangposition über die Körperhaltung ständig bestätigt werden muss (Stolba und Wood-

Gush 1984). Dadurch steigt das Aggressionspotential in der Gruppe deutlich an. Bei fehlendem Platzangebot ist es rangniedrigeren Tieren außerdem nicht möglich, sich bei Angriffen höherer Tiere zurückzuziehen. Dauerhafte Kämpfe in einer Gruppe gehen aber mit massivem Unwohlbefinden der Tiere einher und sind eindeutiges Anzeichen einer fehlerhaften Haltung (Sambras 1991).

2.1.5.5 Nahrungsaufnahmeverhalten

Ab dem 14. Lebenstag fangen Ferkel an, feste Nahrungsbestandteile aufzunehmen. Ein deutlicher Anstieg erfolgt ab der 3. Woche (Marx 1973). Hauptsächlich findet die Futteraufnahme während der Tagesaktivität statt. Nach Bergenthal-Menzel-Sievering (1982) entsteht die Hauptmotivation zur Nahrungsaufnahme nicht aus einem Hungergefühl heraus. Sie stellen als Ursache Spiel- und Erkundungsverhalten heraus (Bergenthal-Menzel-Sievering, 1982).

Wildschweine verbringen 85% der Aktivitätszeit mit der Futtersuche und -aufnahme. Die Nahrungssuche und -aufnahme dient dem Schwein nicht nur zur Sättigung, sie ist eng verbunden mit dem Erkundungs- und Fortbewegungsverhalten. Laut van Putten (1978) geschieht dieses aus zwei verschiedenen Beweggründen: Die Futteraufnahme wird durch Hunger ausgelöst, während das Erkundungsverhalten dem endogenen Bedürfnis nach Wühlen folgt. Das Schwein verbringt in Abhängigkeit von der Futterdarbietung zwischen 10 Minuten und 9 Stunden mit der Nahrungsaufnahme. Laut Fraser (1978) verbringen die Schweine 6 bis 7 Stunden mit diesem Verhalten. Bei intensiver Fütterung brauchen Schweine pro Ration nur noch 10-20 Minuten. Dieses Verhalten ist vermehrt in den Morgen- und Abendstunden zu beobachten. Erhalten die Tiere ihr Futter über einen Breifutterautomaten, verbringen sie 5% des Tages mit Fressen. Im Gegensatz hierzu erhöht sich die Zeit am Trockenfutterautomaten auf 9% (Hesse et al. 1999). Wildschweine in freier Natur verbringen etwa 50% des Tages mit Futtersuche und davon 40% mit Wühlen. Bezogen auf die Gesamtdauer der Aktivität, nimmt die Futtersuche und -aufnahme insgesamt 71% ein (Stolba und Wood-Gush 1981, Sambras 1991, Wechsler, 1996). Mit ihrem Rüssel verfügen sie über einen sehr feinen Geruchssinn zum Aufspüren und einem kräftigen Wühlapparat zum Freilegen der Nahrung.

Schiwitz (1990) stellte heraus, dass eine Beeinflussung der Fressdauer durch die Bodenbeschaffenheit stattfindet. Mastschweine auf Vollspaltboden fraßen mit 28 Minuten pro

Tag im Mittel 9 Minuten kürzer als Mastschweine in eingestreuten Buchten (37 Minuten) (Schiwitz 1990).

Da die Nahrungsaufnahme eng mit dem Erkundungsverhalten verbunden ist, muss in der Haltung von Schweinen ein besonderes Augenmerk auf die Fütterung gelegt werden. Sie ist in ihrer Technik und Beschaffenheit entscheidend für das Wohlbefinden der Tiere (Fraser 1978).

2.1.5.6 Trinkverhalten

Die Häufigkeit des Trinkens ist abhängig vom Alter der Tiere, den Umgebungstemperaturen, der Jahreszeit und der Futterbeschaffenheit (Fraser 1978). Bei Breiautomaten-Fütterung werden pro Tier ca. 5,3 Liter Wasser zusätzlich aufgenommen, bei einem Trockenfutterautomaten beträgt die insgesamt konsumierte Wassermenge in etwa 7 Liter. Die Aufnahme von Wasser steht im engen Zusammenhang mit der Futteraufnahme. So unterliegt es auch einem ähnlichen Rhythmus. 75% des Trinkwassers werden in direkter Verbindung mit der Futteraufnahme aufgenommen (Biegelow und Houpt 1988). Schweine sind Saugtrinker. Somit ist es für sie am besten, Wasser über ein Tränkebecken oder eine Trogspühltränke mit einem Wassernachlauf zu sich nehmen zu können (Hörning 1992). Ein Wasserangebot kann auch mittels Nippel- oder Zapfentränke erfolgen (Krause 1994).

Der Wasserbedarf eines Schweines liegt bei 80-120 ml/kg Körpergewicht (Yang et al. 1981). Bei einer Temperaturerhöhung (von 20° C auf 30° C) verdoppelt sich der Wasserverbrauch (Schafzahl 1999).

In einer reizarmen Umwelt stellt die Tränke häufig ein Spielzeug für die Schweine dar. Außerdem lassen rangniedrigere Tiere ihre Aggressionen oft an den Nippeltränken aus (Sambraus 1991).

2.1.5.7 Ausscheidungsverhalten

Schweine unterscheiden zwischen Kot- und Liegeplatz. Ab dem 2.-5. Lebenstag entfernen sich Ferkel von ihrem Liegeplatz um zu koten (Schmid 1992). Schweinen muss daher die Möglichkeit zur Trennung dieser Bereiche gegeben werden. Ansonsten können sich Verhaltensstörungen einstellen (Schmid, 1990). Diese äußern sich in Form von verringerter

Futteraufnahme mit einhergehenden Leistungseinbußen (von Zerboni und Grauvogel 1984). In freier Natur zeigen Wildschweine einen Mindestabstand von bis zu 15 m zwischen dem Liege- und Kotplatz (Stolba und Wood-Gush 1981).

Schweine koten zwischen 9 und 10 mal am Tag. Der Harnabsatz erfolgt 5 bis 7 mal täglich (Marx et al. 1977). Eine Zunahme, sowohl des Kotens als auch des Harnens, zeigt sich unter Stresssituationen oder unter bedrohlichen Zuständen (Grauvogl 1974).

2.1.5.8 Erkundungs- und Spielverhalten

Sowohl das Spiel- als auch das Erkundungsverhalten werden aktiv vom Schwein ausgeführt. Schwartz et al. (1975) zählen zu diesen alle Verhaltensweisen, welche im Wachzustand ausgeübt werden. Nach dieser Definition gehören Verhaltensweisen ohne eine motorische Tätigkeit wie Sitzen und Stehen ebenfalls zu aktivem Verhalten. Nach Tembrock (1969) muss Aktivität beim Schwein mit Bewegung einhergehen. Er bezeichnet als Aktivität die Gesamtheit der Lebensäußerungen, die mit Bewegungs- und Ortsveränderungen zusammenhängen.

In natürlicher Umgebung beginnen die Ferkel bereits ab dem ersten Lebenstag mit der Erkundung ihrer Umwelt (Petersen 1994). Sie wühlen im Boden und lockern diesen auf. Die darunterliegenden Wurzeln o.ä. werden benagt und zerkaut. Weitere Objekte ihrer Umgebung werden neugierig beschnüffelt und bewegt (Blackshaw et al. 1997). Wühlen stellt einen ganz bedeutenden Verhaltensparameter dar. Dieses zeigt sich schon alleine durch die Dauer, die Wildschweine in freier Umgebung dafür verwenden. Briedermann (1990) stellt heraus, dass 85% des Aktivitätsverhaltens mit Nahrungssuche- und -aufnahme (durch Wühlen) verbracht werden (Sambraus 1991). Zusätzlich stellt es durch ihre soziale Interaktion einen weiteren wichtigen Punkt dar (Sambraus 1991). Vom ersten Tag post partum bis zur 8. Lebenswoche steigen diese Verhaltensweisen signifikant an. Besonders wichtig in dieser Zeit ist für in landwirtschaftlicher Haltung heranwachsende Ferkel, die Anreicherung der Umwelt, um dem Drang nach Exploration nachkommen zu können. In reizarmer Umgebung wird der Drang nach Exploration an den Kumpanen oder der Haltungsumgebung ausgeübt oder es entstehen Stereotypien. Nicht selten treten in betroffenen Haltungsformen Ohr-, Schwanz- oder Vulva-beißen als Folge mangelnden Erkundungsverhaltens auf (von Borell et al. 2001). Als besonders geeignetes Material zur Befriedigung des Erkundungsdranges eignet sich Stroh (Schouten 1986, Ernst 1995). Ferkel in eingestreuten Buchten sind aktiver und zeigen ein

ausgeprägteres Gruppenverhalten. Im Gegensatz hierzu spielen Schweine ohne Stroheinstreu weniger und eher unabhängig von anderen Ferkeln. Solches asynchrones Spielen stört die ruhenden Tiere. Die erhöhte Unruhe führt im Weiteren zu einer gesteigerten Aggression innerhalb der Gruppe. Buré (1984) bestätigte diese Aussage und legte dar, dass anormales Verhalten viermal häufiger bei Tieren in Flatdecks ohne Strohzugabe, als in mit Stroh eingestreueten Buchten beobachtet wurde. Auch hier kam anormales Verhalten in Form erhöhter Aggressivität zum Ausdruck. In einstreuloser Haltung sollte jede Bucht wenigstens mit Ketten, Rüttelstangen, einem bewegbaren Stück Holz oder einem Büschel Stroh ausgestattet sein (Grauvogl et al. 1997).

Spielverhalten wird von Ferkeln bis zur 20. Lebenswoche ausgeführt (Newberry et al. 1988, Beattie et al. 1995). Spielen ist eine Kombination aus angeborenem und erworbenem Verhalten (Gattermann 1993). Es stellt eine Verhaltensweise dar, die ausgeübt wird, ohne ein bestimmtes Endziel erreichen zu wollen (Grauvogl 1974). Mit kämpferischen Spielen wird das Dominanzverhalten ausgelebt, wodurch die Bildung einer Hierarchie festgelegt wird (Blackshaw et al. 1997). Das Spielen der Ferkel erfolgt in Form von gegenseitigem Bespringen, Galoppieren, Laufen, Wühlen aufeinander Springen und Verstecken (Achiebe 1975, Grauvogl 1974).

Das Spielverhalten der Ferkel wandelt sich mit zunehmendem Alter der Tiere in ein Erkundungsverhalten um, welches ein Leben lang erhalten bleibt (Schlichting und Schmidt 1989).

Die Intensität des Erkundungsverhaltens orientiert sich an den Reizangeboten der Umwelt.

Spielverhalten wird hauptsächlich bei Ferkeln beobachtet und dient als sicheres Zeichen des Wohlbefindens von Schweinen (van Putten 1978). Im Umkehrschluss wird ein solches Verhalten bei Unwohlsein der Tiere nicht oder in geringerem Ausmaß beobachtet.

2.1.5.9 Ruheverhalten

Schweine ruhen im Liegen. Es dient der Entlastung und Entspannung des Körpers (Hasselberg 1965). Nach Marx (1991) beträgt die Liegezeit von Schweinen 80% des Tages. Sambras (1991) gibt hierfür sogar eine Prozentangabe bis 90% an. Der Grund hierfür liegt in der reizarmen Umwelt, in der die Schweine gehalten werden. Der Liegeplatz sollte vom Kotbereich getrennt, sauber und trocken sein (Marx 1991). Bei völliger Entspannung liegen

die Tiere in Seitenlage mit meist geschlossenen Augen. Dieses ist ein Zeichen von Wohlbefinden. Wird es wenig oder selten beobachtet, zeigt sich darin ein Missstand der Haltung (Grauvogl 1974). Die Bauchlage der Tiere, bei dem die Extremitäten unter den Bauch gezogen sind, stellt einen Übergangszustand dar. In dieser Position ist das Tier nicht vollkommen entspannt (Sambraus 1991). Eine weitere Haltung der Tiere in Ruhe ist die Sitzhaltung. Diese ist jedoch als Störung im Verhalten anzusehen und ist bei häufiger Beobachtung als Konstitutionsmangel zu werten (von Zerboni und Grauvogl 1984).

Wird ein häufiger Wechsel zwischen Ruhe- und Aktivitätsphase beobachtet, ist dieses ein sicheres Zeichen für Unwohlbefinden. Schweine reagieren in stressigen Situationen mit gesteigerter Unruhe (Grauvogl 1974).

Tierexperimentelle Studien, die sich mit dem Einfluss von Musik auf Verhaltensparameter beim Schwein befassen, liegen unseres Wissens nach bislang nicht vor.

2.1.5.10 Stressverhalten

Für das Auftreten von Stress bei Schweinen sind verschiedene Ursachen bekannt. Grundsätzlich ist Stress als Ausdruck einer überforderten Anpassung an eine veränderte Umwelt zu verstehen (van Putten 1977). In der Literatur sind verschiedene Entstehungs- sowie Ausdrucksweisen von Stress beschrieben.

So reagierten Schweine bei unregelmäßiger Fütterung mit einer gesteigerten Aktivität, erhöhter Unruhe, gefolgt von einem Anstieg des Aggressionspotentials. Als Auslöser wurde Stress angesehen (Beattie et al. 1995). Auch Stolba und Wood-Gush (1984) beschrieben bei einem zu geringen Platzangebot für Schweine gesteigerte Unruhe mit einhergehendem erhöhten Aggressionspotential. Auch hierbei wurde Stress als Auslöser identifiziert. Die aktiven Bewältigungsstrategien der Tiere hängen eng mit einer Erregungs- und Fluchtbereitschaft zusammen („fight and flight“; Dantzer und Mormedé 1983, Henning 2007). Als weitere deutliche Anzeichen für Stress gilt das Aufkommen sinnloser oder destruktiver Verhaltensweisen (Tembrock 2000). Jedoch geht Stress nicht bei allen Tieren mit einer erhöhten Aktivität einher. Es kann auch zu entgegengesetzten Reaktionen kommen und die Stressantwort kann durch passives Verhalten geprägt sein (Friend 1991). Ein solches Verhalten wird als „freezing“ bezeichnet und ist Ausdruck von unausweichlichem Stress. Die

betroffenen Tiere erscheinen hilflos, desinteressiert an der Umwelt, manchmal auch apathisch (Dantzer und Mormedé 1983, Friend 1991, Schlenker 1994).

Eng gekoppelt mit Stress kann Angst zu Verhaltensänderungen führen, auch in diesem Fall mit aktiver oder passiver Reaktionsantwort (Friend 1991, Meyer 2003). Ein Entstehungsgrund von Angst sieht Tembrock (2000) in der Unvorhersehbarkeit einer Situation. Das Tier empfindet bedrohliche Reize, die es durch arteigenes Verhaltensrepertoire nicht bewältigen kann.

2.1.6 Physiologische Parameter

2.1.6.1 EKG, Herzfrequenz, Atemfrequenz

Es gibt verschiedene Möglichkeiten, um Herz-Kreislauf Parameter sowie die Atemfrequenz beim Schwein zu erheben. Vielfach wird zur Erfassung des EKGs die Ableitung mit Elektroden gewählt, welche mit einem Brustgurt oder einem Shirt gesichert werden (Callaway et al. 2000, Kyle et al. 2004). Die Daten werden mittels Telemetrie über einen Transmitter (Transducer) an einen Receiver gesendet und werden von dort an einen Monitor geleitet (Paletto et al. 2011). Diese Methode kann mit einer Einschränkung in ihrem natürlichen Verhalten einhergehen, was sich im Weiteren verfälschend auf die physiologischen Werte auswirken kann (Lemmer 2008).

Eine weitere Möglichkeit zur Erfassung des EKGs ist es, einen Transmitter zu implantieren. Durch diese Methode kann eine Einschränkung im Verhalten des Schweines ausgeschlossen werden. Hierzu werden die Tiere in Narkose gelegt und ihnen wird der Transmitter implantiert, welcher mittels Telemetrie die Daten versendet (Data Sciences International, USA: www.datasci.com).

Die meisten Arbeiten zur Erfassung der Atmung sind im Bezug auf das Atemvolumen zu finden. Die Tiere werden narkotisiert, um ihnen einen Katheter einführen zu können, über den im Weiteren das Atemvolumen bestimmt werden kann (Maisch et al. 2011).

Eine Möglichkeit, um die Atemfrequenz zu erheben, kann mittels Adspektion und Perkussion erfolgen. Im Weiteren kann die Erfassung der Atemfrequenz mittels Telemetrie gemessen werden. Hierfür wird das Tier mit 2 Atemgurten versehen, welche mit einem Transmitter verbunden werden. Zum Schutz des Systems werden die Tiere mit Westen versehen. Die

Daten werden wiederum an einen Reciever geleitet und auf einem Monitor sichtbar gemacht (Data Sciences International, USA: www.datasci.com).

Unseres Wissens nach ist bisher keine tierexperimentelle Studie durchgeführt worden, die Herz-Kreislauf-Parameter unter Musikbeschallung mit dem JET-Telemetrie-System über eine Weste erfasste, so dass hinsichtlich dieses Phänomens keine vergleichenden Überlegungen und Vergleiche möglich sind.

2.1.6.2 Kortisolmessung

Unter der Wirkung von Stressoren wird als Adaptationsreaktion bei Mensch und Tier die Hypothalamus-Hypophysen-Nebennierenrinden-Achse (HHN) aktiviert. Im Hypothalamus wird das corticotrope Releasing Hormon (CRH) gebildet. Dieses stimuliert im

Hypophysenvorderlappen die Ausschüttung des adrenocorticotropen Hormon (ACTH).

Dieses Hormon wirkt auf die Nebennierenrinde (NNR) und führt in der Zona fasciculata sowohl zu einer Synthese als auch zu einer Ausschüttung von Kortisol (Pol et al. 2002).

Zusätzlich wird durch das CRH im Nebennierenmark die Sekretion von Met-Enkephalinen und Katecholaminen (Noradrenalin und Adrenalin) stimuliert (Diener 2005). Der ganze

Körper wird in Alarmbereitschaft versetzt, was dem Säugetier kurzfristig zur

Stressbewältigung hilft (Charmandari et al. 2005). In verschiedenen Studien konnte

nachgewiesen werden, dass die Einwirkung verschiedener Stressoren (z.B. Transport, Immobilisation) zu einem Anstieg der Kortisolkonzentration führt (von Borell 2001,

Rosochacki et al. 2000). Diese kurzzeitige Kortisolerhöhung wurde von Ladewig (1994, 2000) als „physiologische Stressreaktion“ bezeichnet. Insofern erlaubt die Messung von

Kortisol einen Rückschluss darauf, dass das Tier Stress empfunden hat.

CRH wird pulstatil ausgeschüttet und unterliegt einem circadianen Rhythmus. Dieser passt sich dem Hell-Dunkel-Wechsel an. Beim Schwein sind die höchsten Werte zwischen vier und zehn Uhr morgens zu messen (Whipp et al. 1970, Möstel 2005).

Kortisol wird hauptsächlich über die Leber abgebaut und zum Teil auch in den Nieren und den Speicheldrüsen. Mit dem Urin und dem Speichel wird ein kleiner Teil des Kortisols unverändert ausgeschieden (Merlot et al. 2011). Bei Schweinen kann zur Bestimmung des Plasmakortisolwertes, Blut mit einer einmaligen Entnahme gewonnen werden oder anhand eines Dauerkatheters die Prozedur mehrfach wiederholt werden (Hambrecht et al. 2005;

Guzik et al. 2006). Bei der einmaligen Entnahme wird das Schwein mittels Oberkieferschlinge fixiert und im Folgenden aus der V. jugularis externa das Blut entnommen (Bickhardt et al. 2008). Bei dieser Prozedur wird das Tier jedoch starkem Stress ausgesetzt. Nach der Entnahme wird das Blut zentrifugiert, das Serum in Eppendorfer Röhrchen abgefüllt, das bis zur Analyse eingefroren werden kann. Die Blutentnahme kann allerdings selbst erheblich zur Kortisolbildung beitragen. Zwar steigt der Kortisolwert im Blut erst nach einer Minute an, dennoch kann diese Methode zu einem verfälschten Ergebnis führen (Merlot et al. 2011).

Eine Kortisolbestimmung kann ebenfalls über den Speichel erfolgen. Die Probenentnahme erfolgt mit Hilfe von Wattestäbchen, auf denen die Schweine ihren Speichel durch Bekauen hinterlassen. Nach Zentrifugation findet sich das Kortisol im Überstand und kann bis zur Analyse bequem eingefroren und gelagert werden (Jarvis et al. 2006, Merlot et al. 2011). Die Methode ist geeignet, unverfälschte Kortisolwerte bei Schweinen zu ermitteln. Ein eindeutig positiver Effekt dieser Methode ist die geringe Stressbelastung. Die Sensitivität tritt allerdings etwas hinter die der Bestimmung aus Blutproben zurück (Merlot et al. 2011).

Eine weitere stressfreie nicht-invasive Methode ist die Bestimmung der Kortisolkonzentration mittels Urinsammlung. Hierzu wird spontan abgesetzter Urin aufgefangen oder über einen vorher eingesetzten Katheter entnommen (Pol et al. 2002). Diese Methode ist nicht verwendbar für die Messung akuter HHN-Aktivierung aufgrund der Verzögerung von der Stressentstehung bis hin zu der Ausschüttung über den Urin.

Auch über den Fäzes kann eine Bestimmung von Kortisol erfolgen, jedoch ist die Zeitspanne von der Stressentstehung bis zur Exkretion noch länger als beim Urin (Merlot et al. 2011).

Studien zu Erhebungen von Kortisolspiegeln unter Musikbeschallung liegen in der derzeitigen Literatur nicht vor.

2.1.7 Schweine in der biomedizinischen Forschung

Aufgrund ihrer Größe und ihres Verdauungssystems, ihrer guten Verfügbarkeit und umgänglichen Art, werden Schweine gerne als Modelle für biomedizinische Forschung eingesetzt. Die Organsysteme des Schweines, wie der Magen-Darmtrakt, die Nieren und das Herz-Kreislauf-System zeigen eine große Ähnlichkeit zu denen des Menschen. Somit können Ergebnisse aus Studien mit Schweinen auf den Menschen übertragen werden (Koolhaas et al.

1995). Trotz aller Vorzüge kam das Schwein bis zur Schaffung des Miniature Schweines nur gelegentlich als Versuchstier in Frage. Der Grund hierfür stellte seine Größe und Handlichkeit dar (Berger et al. 1976).

Zu diesem Zweck wurden spezielle Rassen als Miniature Schweine gezüchtet, die wenig Platz und Futter benötigen, handlich und gut reproduzierbar sind und in der Unterhaltung wenig kosten. Mit der Entstehung des Miniature Schweines wurde die Einsatzmöglichkeit des Schweines in der biomedizinischen Forschung stark verbessert. Ab diesem Zeitpunkt entstand großes Interesse und eine vermehrte Züchtung dieser Schweine. Oft wurden in den jeweiligen Laboratorien eigene Minischweine gezüchtet (van der Laan et al. 2010).

Als eine der ältesten Miniaturrassen gilt das vor etwa 50 Jahren in den USA entstandene Minnesota Minipig (Dettmers et al. 1965; Dettmers et al. 1971). Andere Miniaturrassen sind das Göttinger Minipig (Glodek und Oldigs 1981), das Münchener Minipig Troll, das Berliner-, das Sinclair-, das Yucatan Miniature Schwein und viele andere (McAnulty et al. 2012). Im Gegensatz zu den kommerziellen Schweinerassen, die zu Mastzwecken gezüchtet und gehalten werden, verfügen die Miniaturpigs über höhere Anteile asiatischer Gene. Sie vertreten einen physiologischeren Phänotyp, unbelastet durch die Bürde des extremen Wachstums und der ausgeprägten Muskulatur der Schlachtschweine. Deshalb gelten sie insgesamt als wenig anfällig und gegenüber Stress als stabil (Striowsky 2012).

Aufgrund ihrer Größe, den geringen Versorgungskosten, des einfacheren Umgangs und ihrer Stressstabilität ist es nicht verwunderlich, dass dieses Schweinemodell ein häufig verwendetes Tiermodell in der medizinischen Forschung geworden ist (Schwindle 2007).

Häufige Einsatzgebiete sind Transplantationsgebiete, kardiovaskuläre und gastrointestinale Forschung, Radiologie, Pharmakologie und Toxikologie sowie Ernährungsphysiologie und Orthopädie, um nur ein paar Einsatzgebiete zu nennen (Fortmeyer und Wirth 1984).

Die Wiesenauer Minipigs stellen eine Kreuzung des europäischen Wildschweins mit dem vietnamesischen Hängebauchschwein dar. Die Schweine gelten mit 18 Monaten als ausgewachsen. In dieser Zeit sollten sie ein Gewicht von 20-35 kg aufweisen und in etwa 30 cm hoch und 60 cm lang sein. Sie sind entweder einfarbig schwarz-weiß oder aber gescheckt. Als kennzeichnende äußere Merkmale sind ein gerader Rücken, ein gerader Schwanz und runde Augen zu nennen (Schwarz und Berger-Lenz 2001).

Die Vielfalt der Produktionsrassen ist enorm. Unter ihnen zeigen Schweine der Rasse Pietrain die extremste Anpassung an einen Markt, der große Teilstücke bei geringsten Fettauflagen fordert. Die Rasse wurde in dem Ort Pietrain in Belgien aus dem französischen Bayeux-Schwein, welches wiederum aus dem englischen Berkshire x englischem Large White

Schwein besteht (Müller 2005) unter Einkreuzung einheimischen belgischer Rassen, gezüchtet. Noch heute gehört die Rasse zu den wichtigsten Vatterassen (Müller 2005). Die einseitige Entwicklung der Rasse brachte allerdings den Nachteil einer gewissen Stressempfindlichkeit und einer geringeren Adaptationsleistung mit sich, die teilweise mit dem Vorliegen einer ungünstigen Variante im MHS-Gen verknüpft ist (Brenig und Brem 1992)

2.1.8 Das Schwein im Rahmen kardiovaskulärer Forschung

Schweine werden seit langem für kardiovaskuläre Forschung herangezogen, weil das Schweineherz in Aufbau und Funktion dem menschlichen Herz sehr ähnlich ist. Auch Größe und Gewicht des Schweineherzens entsprechen dem Organ des Menschen und erscheinen deshalb für Untersuchungen sehr geeignet (Koolhaas et al. 1995).

2.1.8.1 Anatomie und Elektrophysiologie des Schweineherzens

Das Herz des Schweins besitzt eine stumpfkegelige Form. Wie bei anderen Haussäugetieren, zeigt es Arteigenheiten, welche vor allem durch die Binnenstruktur der Ventrikel, insbesondere durch das Verhalten der Papillarmuskeln, zu erklären sind. Das Gewicht des Schweineherzens variiert je nach Rasse von 122 g (Minipig) bis 335 g (Deutsche Landrasse). Das Gewicht des Herzens eines Pietrain-Schweines beträgt im Durchschnitt 273 g. Die Lage des Herzens befindet sich in kraniokaudaler Richtung zwischen der 3. und 6. Rippe. Die Basis befindet sich in halber Höhe der Brusthöhle, die Herzspitze grenzt an die Gegend des linken 6. Rippenknorpels. Das Herz ist zum größten Teil in die Impressio cardiaca beider Lungenflügel eingelagert.

Das Herz des Schweines wird von außen durch den Herzbeutel (Pericardium) umschlossen. Es wird unterteilt in zwei Vorhöfe (Atrium cordis sinistrum/dextrum) und zwei Kammern (Ventriculus cordis sinister/dexter). Der linke Teil des Herzens bildet den arteriellen Teil und der rechte den venösen. Die Vorhöfe sind kuppelförmig über der Herzbasis angelegt und umgreifen die Herzohren (Auriculae atrii), den Ursprung der Aorta und des Truncus

pulmonalis (Nickel et al. 1996). Sowohl die einzelnen Herzkammern als auch die Aorta und der Truncus pulmonalis verfügen über Klappen, welche einen Rückfluss des Blutes verhindern soll (Nickel et al. 1996, Nickel et al. 2004).

Das Erregungsleitungs- und Erregungsausbreitungssystem ist bei Säugetieren und beim Menschen identisch. Die Erregungsbildung erfolgt im Sinusknoten durch spontane Depolarisation von Zellen im Sinusknoten. Über spezifische Muskelfasern wird die Erregung vom oberen rechten Vorhof (Lage des Sinusknotens) zum AV-Knoten weitergeleitet, dort verzögert und über das His-Bündel und den linken bzw. rechten Tawara-Schenkel auf die Kammernmuskulatur weitergeleitet. Nach vollständiger Depolarisation der Ventrikel findet die Repolarisation der Ventrikel statt bis mit dem nächsten Sinusknotenimpuls eine neue Erregung stattfindet.

Die elektrophysiologischen Vorgänge lassen sich bei Mensch und Säugetieren im Oberflächen-Elektrokardiogramm sehr gut nachweisen (Schuster und Trappe 2009). Das Oberflächen-EKG charakterisiert die elektrophysiologischen Vorgänge im Vorhof (P-Welle), in den Kammern (QRS-Komplex) und zeigt die Überleitung vom Vorhof auf die Kammern mit physiologischer Verzögerung im AV-Knoten (PR-Zeit oder synonym PQ-Zeit). Die Repolarisation wird durch die QT-Zeit bestimmt, also die Strecke im EKG vom Beginn des QRS-Komplexes bis zum Ende der T-Welle (Schuster und Trappe 2009).

Von besonderer Bedeutung sind die physiologischen (und auch pathologischen) Phänomene, die sich aus der Elektrophysiologie des Herzens ergeben. RR-Intervalle kennzeichnen die Herzfrequenzvariabilität. Unter Herzfrequenzvariabilität wird die Fähigkeit von Mensch und Säugetier verstanden, die Frequenz des Herzrhythmus zu verändern. Die Herzfrequenzvariabilität ist definiert als die Zeit zwischen dem Beginn zweier Kontraktionen der Ventrikel. Im EKG ist die Herzfrequenzvariabilität als Abstand zwischen zwei R-Zacken definiert. Änderungen der PR (bzw. PQ)-Zeit weisen auf Blockierungen im AV-Knoten hin. Ist die PR- bzw. PQ-Zeit beim Menschen $> 0,20$ s, liegt ein AV-Block I° vor; beim AV-Block III° ist schließlich die Überleitung der Vorhoferregung auf die Kammern komplett unterbrochen („AV-Dissoziation“). Der QRS-Komplex repräsentiert die Depolarisation von rechtem und linkem Ventrikel. Kommt es zu einer Verbreiterung der QRS-Komplexe, weist dieses auf intraventrikuläre Leitungsstörungen bis hin zum kompletten Blockbild hin. Die QT-Zeit ist ein außerordentlich wichtiger Parameter der kardialen Elektrophysiologie. Die QT-Zeit repräsentiert die Repolarisation der Ventrikel. Verlängerungen der QT-Zeit weisen auf Störungen der Repolarisation hin und können zu lebensbedrohlichen ventrikulären Rhythmusstörungen führen. Typisch sind „Spitzenumkehrtachykardien“ oder auch „Torsade

de pointes Tachykardien“ genannt, die durch QT-Zeit-Verlängerungen zum Tod führen können.

2.1.8.2 Das Hörorgan beim Schwein

Als Gleichgewichts- und Gehörorgan (Organum vestibulocochleare) stellt das Hörorgan ein Doppelsinnesorgan dar. Dadurch, dass beide aus dem Labyrinthbläschen (Ohrbläschen) hervorgehen, können diese als ein Organ zusammengefasst werden. Seine Lage ist in der Felsenbeinpyramide des Schläfenbeins zu finden (Nickel et al. 1996, Nickel et al. 2004). Das „Ohr“ an sich ist für die Wahrnehmung und Weiterleitung von Schallwellen da. Es kann sowohl diese Wellen in verschiedenen Frequenzen und verschiedener Intensität wahrnehmen als auch Töne und Geräusche. Das Gleichgewichtsorgan kann im Gegensatz dazu Reize als solche nicht wahrnehmen, sondern dient der Erhaltung und Balance des Gleichgewichts des Körpers. Das Hörorgan setzt sich bei den Säugetieren aus drei Teilen zusammen: Dem äußeren, mittleren und inneren Ohr. Das äußere Ohr (Auris externa) besteht im Einzelnen aus der Ohrmuschel, dem Scutulum und dem Gehörgang. Die Ohrmuschel dient dem Tier als äußere Orientierungshilfe. Zusätzlich ist es dem Tier möglich, sich über die Ohren auszudrücken. Das mittlere Ohr (Auris media) wird unterteilt in die Paukenhöhle (Cavum tympani), die Gehörknöchelchen (Ossicula auditus) und die Hörtrompete (Tuba auditiva). Die in der Paukenhöhle befindlichen Gehörknöchelchen (im Einzelnen bestehen diese aus: Hammer, Ambos, Linsenbeinchen und Steigbügel) sind in der Lage, ankommende Schallwellen vom Trommelfell an das Innenohr weiterzuleiten. Diese stellen eine Einheit dar, welche auch als Schalleitungsapparat bezeichnet werden. Über die Hörtrompete erhält das Mittelohr eine Verbindung zur Rachenhöhle. Zwischen dem äußeren und mittleren Ohr liegt das Trommelfell (Anulus tympanicus), das sich als dünnes Häutchen darstellt. Hierüber werden Schallwellen über die Gehörknöchelchen an das Innenohr weitergeleitet. Das Innenohr wird in das kompliziert aufgebaute membranöse Labyrinth und das knöcherne Labyrinth unterteilt. Zwischen diesen beiden Teilen befindet sich die Perilymphe. Das knöcherne Labyrinth besteht aus einem hohlen Vorraum (Vestibulum), knöchernen Bogengängen (Canales semicirculares ossei) und der Schnecke (Cochlea). An das knöcherne Labyrinth schließt sich der kurze innere Gehörgang an (Meatus acusticus internus). Das Vestibulum stellt den Grund für den inneren Gehörgang dar. Seine laterale Wand grenzt an

die Paukenhöhle. Das Vestibulum enthält einen Hohlraum, welcher durch die Fußplatte des Steigbügels mit der Paukenhöhle in Verbindung steht. Weitere Verbindungen sind mit der Schnecke, den knöchernen Bogengängen und dem Aquaeductus vestibuli gegeben. Die knöchernen Bogengänge teilen sich in drei Bögen auf. Die Schnecke stellt einen sich viermal windenden Knochenkanal dar (Nickel et al. 1996, Nickel et al. 2004).

Die Hörbereiche landwirtschaftlicher Nutztiere sind aufgrund von anatomischen Gegebenheiten unterschiedlich. So beträgt nach Heffner (1998) die obere Frequenzgrenze beim Schwein 40,5 kHz und die untere Grenze liegt bei 42 Hz. Der Frequenzbereich des besten Hörens gibt er bei 8 kHz an. Der Mensch hört im Gegensatz dazu am besten bei 4kHz, seine obere Grenze liegt bei 17,6 kHz und seine untere Grenze bei 31 Hz.

Lärmempfindungen sind subjektiv und werden von jedem Individuum anders wahrgenommen. Wird der Grenzwert von Lärm an Zeit und Intensität überschritten, kann es zu Einschränkungen im Wohlbefinden sowie zu gesundheitlichen Problemen kommen. Starker oder permanenter Lärm kann als Stressor negativ auf das Wohlbefinden von Tieren wirken (Waynert et al. 1999, Schäfer et al. 2001). So zeigten Hartung und Phillips 1994 in einer Studie einige negative Auswirkungen im Verhalten, hervorgerufen durch plötzlichen und hohen Lärm. Die Schweine reagierten hierauf mit einer erhöhten Herzfrequenz und einem aktiven Abwehrverhalten. Algers und Jensen (1985) belegten eine negative Wirkung eines kontinuierlichen Ventilatorengeräusches. Es zeigte sich in ihrer Studie ein Rückgang in der Stimulationszeit von Ferkeln auf das Gesäuge der Muttersau.

Ziele der Arbeit

Es ist bisher in keiner prospektiv randomisierten Studie im Tiermodell untersucht worden, ob Musik mit unterschiedlichen Musikstilen Einflüsse auf Verhalten und kardiovaskuläre Parameter hat. Nicht nur für die Veterinärmedizin, sondern auch für die Humanmedizin wäre diese Aussage von großer Bedeutung in Hinblick auf eine mögliche therapeutische Einsetzbarkeit von Musik, z.B. bei Patienten mit arterieller Hypertonie (Trappe 2009). Auch für die Veterinärmedizin wäre die Möglichkeit der Nutzung von großer Bedeutung im Hinblick auf eine Verbesserung von „animal welfare“ sowie Veränderungen im Bereich des Schweinetransportes und der Ebermasthaltung.

Folgende Fragen sollen in der vorliegenden Arbeit untersucht und beantwortet werden:

- Hat Musik im Schweinmodell einen signifikanten Einfluss auf EKG, Herzfrequenz und Atemfrequenz?
- Gibt es signifikante Unterschiede in der Wirkung bei verschiedenen Musikstilen (Heavy Metal und Bach)?
- Führen unterschiedliche Musikstile (Heavy Metal, Bach) zu einer signifikanten Änderung im Verhalten von Schweinen?
- Beeinflusst Musik bestimmte klinisch-chemische Parameter (Kortisol)?
- Ist das JET-Telemetrie-System am nicht narkotisierten Tier geeignet, Herz-Kreislauf-Parameter zu erfassen oder beeinflusst die „Weste“ des JET-Telemetrie-Systems Verhaltens- und Herz-Kreislauf-Parameter?

3 Material und Methoden

3.1 Tiere

Die Studie wurde mit Hausschweinen durchgeführt, weil diese vom Herz-Kreislauf-System und der anatomischen Beschaffenheit des Herzens eine höhere Ähnlichkeit und Vergleichbarkeit aufweisen als die meisten anderen Versuchstiere.

Darüber hinaus wurden in der vorliegenden Untersuchung zwei sehr unterschiedliche Rassen eingesetzt: Wiesenauer Miniaturschweine, eine stressstabile Rasse mit hohem asiatischen Genanteil, hoher Vitalität aber geringer Produktivität, und die durch extreme Fleischleistung gekennzeichnete europäische Rasse Pietrain. Pietrain-Schweine haben aufgrund ihres hohen Fleischanteils und der damit einhergehenden Stoffwechselbelastung ein weniger belastbares Herz-Kreislauf-System.

Die Schweine der Rasse Pietrain stammten von einem hessischen Hochleistungs-Zuchtbetrieb. Die Tiere wurden im Alter von 3 Wochen in Gruppen zu 6 Schweinen an die Klinik für Wiederkäuer und Schweine der JLU Gießen verbracht und nach dreiwöchiger Eingewöhnungszeit in den Versuch aufgenommen. Die Elterntiere der Wiesenauer Miniaturschweine stammten direkt vom Züchter. Die Versuchstiere wurden in den Stallungen der Klinik für Wiederkäuer und Schweine der JLU Gießen geboren. Mit drei Wochen wurden sie abgesetzt und in getrennten Stallungen zur Eingewöhnung für drei weitere Wochen eingewöhnt, bis zum Einsatz im Versuch.

Die Eingewöhnung beider Rassen beinhaltete den täglichen, ausgiebigen Kontakt mit dem Menschen. Ziel war, dass die Tiere ihre Scheu verlieren sollten. Die Versuche erfolgten in der 6. bis 8. Lebenswoche.

Vorversuche

Für orientierende Vorversuche standen zunächst sechs Schweine der Rasse „Deutsches Edelschwein“ zur Verfügung. Im Rahmen der Vorversuche wurde auf anzeige- und genehmigungspflichtige Eingriffe an den Tieren verzichtet. Die Schweine wurden lediglich mit Musik in normaler Zimmerlautstärke beschallt. Tierschutzrelevante Einflüsse der Musik auf die Tiere konnten nach menschlichem Ermessen und Lage der Literatur ausgeschlossen werden.

Hauptversuche

Für den Hauptversuchsteil standen pro Rasse 18 Schweine zur Verfügung. Die Untersuchung erfolgte in jeweils 3 Gruppen á 6 Schweine. Beide Rassen wurden überlappend, gleichzeitig untersucht. Das Geschlechterverhältnis war bei beiden Rassen ausgeglichen.



Abbildung 1: Wurfweise Unterbringung der Schweine vor Studienbeginn.

3.2 Stallungen

Zur Durchführung der Versuche wurden 3 identische Abteile mit jeweils zwei Buchten vorgesehen. Zwischen den Buchten bestand Blick-, Hör- und Geruchskontakt. Die Stallungen waren gekachelt und mit Stroh eingestreut. Die Mistung erfolgte mehrmals täglich. In jeder Bucht wurde ein Schwein untergebracht. Bei Unterbringung mehrerer Schweine in einer

Bucht wäre es zur Beschädigung der Untersuchungswesten gekommen. Die Klimatisierung der Ställe erfolgte mittels Fenster- und Türlüftung sowie einer Warmwasser-Wandheizung. Die Temperatur in den Stallungen betrug ca. 20° C. Die Luftfeuchtigkeit schwankte zwischen 60 und 70%. Die Schadgasbelastung lag unterhalb der vorgesehenen Maximalen Arbeitsplatzkonzentrationen (z.B. < 10 ppm Ammoniak). Die Buchtengröße betrug jeweils 6 m². Zur zusätzlichen Beschäftigung wurden den Schweinen Bälle angeboten (Tennisbälle).

Die Schweine wurden 4 Tage vor Versuchsbeginn bis zur Beendigung des drei- bis viertägigen Versuchsdurchgangs in eine der drei Abteile und ihre zugeteilte Bucht verbracht. Vor jeder Neubelegung wurden die einzelnen Buchten sorgfältig gereinigt und desinfiziert.

3.3 Fütterung und Wasserversorgung

Die Fütterung der Schweine erfolgte über in die Türen eingelassene Tröge. Als Futter diente ein handelsübliches Alleinfutter für Mastschweine (RWZ-Universal 126 der Firma RWZ, Wiesbaden), mit einem Energiegehalt von 12,6 MJ/kg und einem Rohproteingehalt von 150 g/kg. Der Lysingehalt war auf 1%, der Kalziumgehalt auf 0,7% und der Phosphatgehalt auf 0,5% eingestellt. Das Futter wurde zur freien Aufnahme gereicht. Zusätzlich erhielten die Schweine an jedem Morgen vor den Versuchen frisches Heu, ebenfalls zur freien Aufnahme. Die Versorgung mit Wasser erfolgte über eine Wandnippeltränke. Der Tränkenippel war eine Hand breit über dem Widerrist der Tiere angebracht und zeigte einen Durchfluss von ca. 1 l/min.

3.4 Versuchsplanung und Versuchsaufbau

Vor Aufnahme der Hauptversuche sollte mit Hilfe einer kleineren Vorversuchsreihe die Bedingungen für eine optimale Versuchsdurchführung evaluiert werden. Eine Kernfrage galt dabei der Akzeptanz und der notwendigen Eingewöhnungszeit der Schweine hinsichtlich des JET-Telemetrie-Systems, dessen Sonden über eine Weste mit dem Tier verbunden wurden. Auch Einflüsse der Tageszeit und der Lautstärke der Musik sowie der Effekt wiederholten Musikhörens sollten überprüft werden.

3.4.1 Spezielle Vorbereitung der Stallungen für die Versuchsdurchführung

Die drei Stallabteile wurden so isoliert, dass eine Übertragung der Musik in die Nachbarstallungen ausgeschlossen werden konnte. Umgebungsgeräusche konnten nicht völlig abgeschirmt werden, drangen allerdings zeitgleich und mit gleicher Lautstärke zu den drei Stallabteilen vor.

Für die Beobachtung des Verhaltens der Versuchstiere wurde zentral über der Mitte jedes Abteils eine Weitwinkel-Videokamera angebracht. So konnten tote Winkel in beiden Buchten ausgeschlossen werden. Das Videosignal wurde mittels LAN-Verbindung zu einem Kontrollraum geleitet und in einen PC eingespeist und gespeichert. Die Aufzeichnung erfolgte innerhalb eines vorgegebenen Zeitfensters permanent und in Echtzeit.

Zur Beschallung wurde jedes der drei Abteile mit einer CD-Kompaktanlage (Panasonic SC-PM02EG-S) einschließlich zweier 5 Watt Boxen ausgestattet. Die Regulation der Lautstärke erfolgte über eine optische Kontrolle der Dezibelzahl am Gerät. Sie wurde zusätzlich mit Hilfe eines Schallpegelmessgerätes SL-100 (31.5 Hz - 8 kHz) der Firma Voltcraft überprüft. Dieses Gerät verfügt über eine Ansprechzeit von 125/1000 ms, misst in einer Genauigkeit von ± 2 dB (94 dB/1 kHz) und sein Schallpegel Messbereich liegt bei 30-130 dB.

Zur Erfassung der Telemetriedaten wurde jeder Raum mit einem Receiver ausgestattet (DSI; Data Sciences International, St. Paul, MN, USA). Die Receiverdaten wurden mittels Bluetooth zu einem PC im Kontrollraum übertragen und gespeichert.



Abbildung 2: Blick in die beiden Buchten eines der drei Stallabteile.

3.4.2 Aufbau der Vorversuche

Sammelstallung		Stallabteil 1		Stallabteil 2		Stallabteil 3	
		Bucht 1	Bucht 2	Bucht 1	Bucht 2	Bucht 1	Bucht 2
DE 1 DE2 DE3 DE4 DE5 DE6		DE 1	DE 2	DE 3	DE 4	DE 5	DE 6
Summe	n= 6	n= 1	n= 1	n= 1	n=1	n=1	n= 1
Woche	Uhrzeit	Musikart	LS	LS	LS	LS	LS
Woche1	9- 9:30	KL	30	25	10		
	11- 11:30	KL	25	30	10		
	13- 13:30	KL	10	25	30		
	15- 15:30	KL	30	10	25		
Woche2	9- 9:30	KO	30	25	10		
	11- 11:30	KO	25	30	10		
	13- 13:30	KO	10	25	30		
	15- 15:30	KO	30	10	25		
Woche3	9- 9:30	HM	30	25	10		
	11- 11:30	HM	25	30	10		
	13- 13:30	HM	10	25	30		
	15- 15:30	HM	30	10	25		

Legende:

DE= Schwein der Rasse „Deutsches Edelschwein“
KL= Klassik
HM= Heavy Metal
LS= Lautstärke
Woche= Montag, Dienstag, Mittwoch, Donnerstag

Abbildung 3: Aufbau der Vorversuche.

Die Vorversuche wurden an sechs Versuchstieren der Rasse „Deutsches Edelschwein“ durchgeführt. Für diese Versuche wurden die Tiere aus der Lehr- und Versuchsstation Oberer Hardthof des Instituts für Tierzucht und Haustiergenetik der JLU Gießen zugekauft und gemeinsam in eine Sammelstallung verbracht. Während der dreiwöchigen Eingewöhnungszeit wurde den Versuchstieren stundenweise eine Unterziehweste zur Gewöhnung und zur Ermittlung der Gewöhnungszeit an diese, entsprechend der Herstellerangaben, angezogen. Von Tag zu Tag wurde die Tragezeit der Weste erhöht. Nach dieser Zeit wurden die Schweine in ihre Versuchsbuchten verbracht.

Die Vorversuche erfolgten von Montag bis Donnerstag. Zur Überprüfung der geeignetsten Tageszeit fanden die Beschallungen um 9 Uhr, 11 Uhr, 13 Uhr und 15 Uhr, jeweils für 30 Minuten statt.

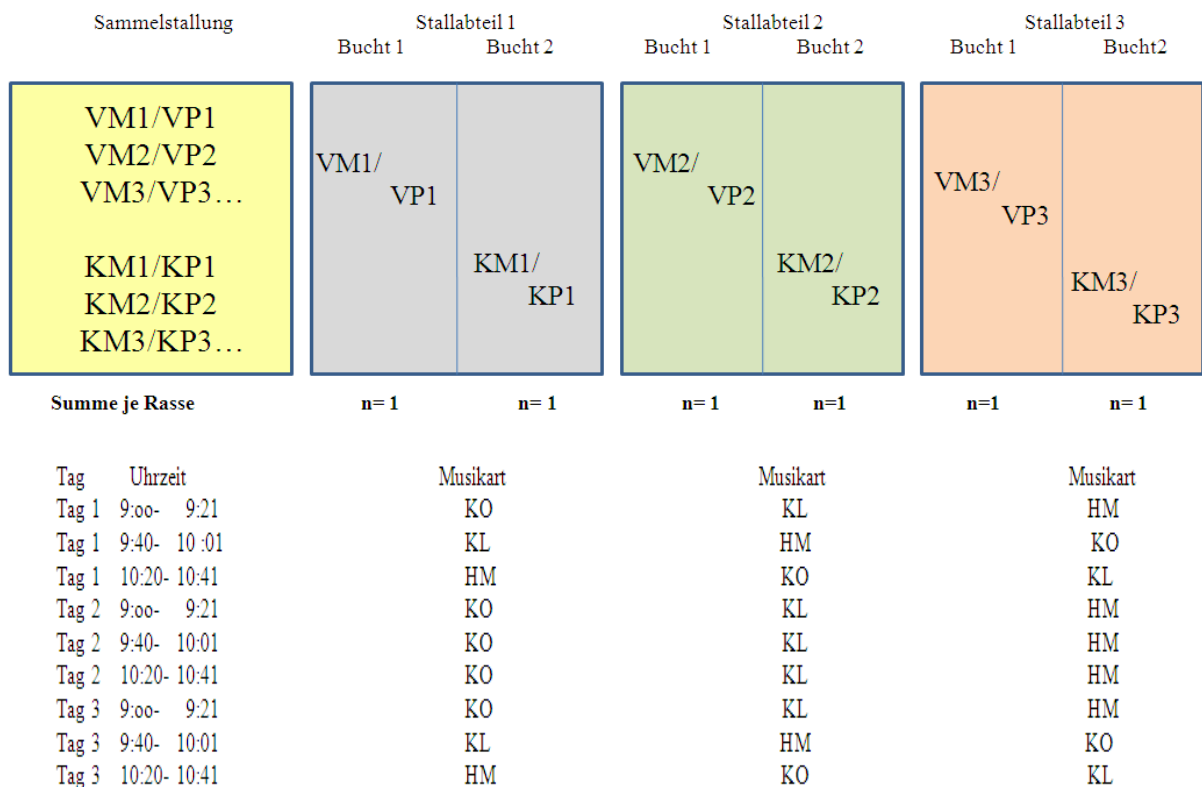
Im Weiteren galt es zu klären, bei welcher Lautstärke die Schweine am besten beschallt werden. So wurde die Lautstärke jedem Versuchsraum per Zufallsprinzip zugelost und wechselte nach den einzelnen Durchgängen. Untersucht wurden die Lautstärken der Skala „10“ (entspricht ca. 40 db), der Skala „25“ (ca. 60 db) und der Skala „30“ (ca. 70 db) (siehe Abbildung 3).

In der ersten Versuchswoche wurden die Schweine mit der Musikrichtung „Klassik“ beschallt, in der zweiten erfolgte eine Positivkontrolle und in der dritten Woche hörten sie „Heavy Metal“. Mit Beendigung der Versuchswoche (Donnerstags) wurde jedem Schwein die Weste ausgezogen und mit Beginn einer neuen Versuchswoche erneut angezogen. In der Zeit von Montag bis Donnerstag behielten die Tiere die Weste an.

Mit Beendigung der Vorversuche wurden die Tiere zusammen in die Sammelbucht verbracht. Die Versuche wurden alle mittels Videokamera erfasst und im Anschluss ausgewertet. Die Aufzeichnungen wurden kontinuierlich mit Datum und Uhrzeit aufgezeichnet, um im Nachhinein exakte Rückschlüsse auf diese ziehen zu können.

Nach Beendigung der Vorversuche wurde das Verhalten codiert und alle erhobenen Daten in eine Excel- Tabelle eingetragen, um mit dieser statistische Analysen durchführen zu können. Ausgewertet wurde jedes Verhaltensindiz, welches in der Versuchsphase aufgenommen worden ist. Die Auswertung dieser Aufnahmen wurde von nur einer Person (Doktorandin) vorgenommen, um unterschiedliche Wahrnehmungen und Bewertungen auszuschließen. Eine Analyse von Herz-Kreislauf-Parametern bzw. eine Blutabnahmen wurde nicht vorgenommen

3.4.3 Aufbau der Hauptversuche



Legende:

V= Versuchsschwein (Schwein mit Weste/ Kabel)
 K= Kontrolltier (Schwein ohne Weste, nicht verkabelt)
 M= Miniaturschwein
 P= Pietrain
 HM= Heavy Metal
 KL= Klassik
 KO= Kontrolle (ohne Musikbeschallung)

Abbildung 4: Aufbau der Hauptversuche.



Abbildung 5: Belegung eines Stallabteils. Auf der linken Seite das Kontrolltier (ohne Weste); auf der rechten Seite das Versuchstier versehen mit Weste.

Die Schweine wurden an drei aufeinanderfolgenden Tagen dreimal für 21 Minuten im Abstand von 19 Minuten beschallt. Die Beschallung fand zwischen 9 und 11 Uhr, bei einer Lautstärke von ca. 60 db statt. Beschallt wurden die Tiere mit klassischer Musik: Bach: Orchestersuite Nr. 3 (BWV 1068) und Heavy Metal (Indestructible) der Gruppe Disturbed. Neben diesen beiden Studiengruppen wurde zeitgleich eine Negativkontrollgruppe nicht beschallt. Die Reihenfolge der Beschallung ergibt sich aus der Abbildung 4.

Vor der ersten Beschallung erfolgte die erste Blutentnahme zur Bestimmung der Ausgangskortisolspiegel. Die Tiere wurden mittels Oberkieferschlinge fixiert, so dass Blut aus der V. jugularis entnommen werden konnte. Nach diesem Eingriff erhielten die Schweine eine Unter- und eine Überziehweste zur Fixation der EKG-Elektroden und der Atemgurte. Bis zur ersten Beschallung nach Anziehen der Weste wurde den Schweinen eine Ruhezeit von 30 Minuten eingeräumt.

Im Weiteren erfolgte die erste Beschallung. Eine zweite Blutentnahme erfolgte direkt nach Beendigung der Musikeinspielung bzw. nach Ablauf der 21 Minuten. Diese Westen behielten

die Tiere innerhalb der Versuchswoche (Montag, Dienstag, Mittwoch, Donnerstag) permanent an

Mit Beendigung der Versuchswoche wurde den Tieren die Weste ausgezogen und sie wurden zurück in ihre angestammten Sammelbuchten verbracht.

3.5 Auswahl der Musik: Warum „Bach“, warum „Heavy Metal“?

3.5.1 Johann Sebastian Bach: Orchestersuite Nr. 3 D-Dur (BWV 1068)

Analysiert man die verfügbare Literatur hinsichtlich möglicher Effekte von Musik auf das Herz-Kreislauf-System, so findet man besonders in den Arbeiten von Bernardi und Mitarbeitern (Bernardi et al. 2006, Bernardi et al. 2009) Hinweise darauf, dass vor allem die Musik von Johann Sebastian Bach (1685-1750) geeignet ist, Blutdruck, Pulsfrequenz und Endothelfunktionen von Gefäßen zu beeinflussen. Demgegenüber hat die Symphonie Nr. 5, c-moll, von Ludwig van Beethoven (1770-1827) keine signifikanten Einflüsse auf kardiovaskuläre Parameter. Aus diesen Überlegungen heraus haben wir uns entschieden, die Orchestersuite Nr. 3, D-Dur (BWV 1068) als Vertreter der klassischen Musik für unsere Versuche heranzuziehen. Orchestersuiten von Bach zeichnen sich nicht nur durch die klassischen Charakteristika der Bach'schen Kompositionskunst aus, sondern erlauben durch die unterschiedliche Stilgattungen einer Suite mögliche differente Effekte auf kardiovaskuläre Parameter.

Von der Orchestersuite Nr. 3, D-Dur, (BWV 1068) ist keine autographe Partitur erhalten, die Auskunft über die Entstehung des Werks geben könnte. Die Ouvertüre der Orchestersuite Nr. 3 ist vor allem durch die immer wieder einsetzenden Trompeteneinsätze charakterisiert, die der Komposition eine besondere Dynamik und Festlichkeit verleihen. Es gibt zwei recht ausgedehnte Solopassagen, die beide ganz ähnlich aufgebaut sind: Nach und nach kommen Oboen und Trompeten mit Begleitstimmen hinzu, bis schließlich der volle Tuttiklang erreicht wird. Auf die Ouvertüre folgen die Stücke „Air“, „Gavotte“, „Bourrée“ und „Gigue“, die als Tanzsätze bekannt sind. Das von den Streichern allein vorgetragene „Air“ („Melodie“, also kein Tanzsatz) ist eine weltbekannte Komposition Bachs, die in unterschiedlichen

Arrangements vorgestellt wurde. Mit seinen lang gehaltenen Akkorden und weit ausgreifenden Kantilenen über dem in charakteristischen Oktavsprüngen fortschreitenden Bass gehört „Air“ zu den bekanntesten Einzelsätzen der klassischen Musik. Die weiteren Sätze der Orchestersuite Nr. 3 sind recht kurze Kompositionen und basieren sehr stark auf deutlichen und jeweils mehrfach wiederholten charakteristischen Rhythmen, die den Sätzen einen etwas kleingliedrigen Charakter verleihen. So folgen auf „Air“ eine „Gavotte“ mit kontrastierendem Mittelsatz und eine „Bourrée“. Die abschließende „Gigue“ führt kurz vor ihrem Ende noch die für Bach so typische Chromatik ein. Die Gesamtdauer der 3. Orchestersuite mit allen Sätzen beträgt 20,45 min („Ouverture“ 8,16 min, „Air“ 4,58 min, „Gavotte“ 3,27 min, „Bourrée“ 1,17 min, „Gigue“ 2,47 min). Entscheidend ist, dass in dieser Orchestersuite unterschiedliche Kompositionsformen Bachs verglichen werden können: „Ouverture“, „Air“ und die 3 Tanzsätze („Gavotte“, „Bourrée“ und „Gigue“), wobei auch zeitlich diese Vergleiche („Ouverture“ 8,16 min, „Air“ 4,58 min und Tanzsätze 6,91 min) gut möglich sind.

3.5.2 Disturbed: Heavy Metal

Zur Beurteilung des Einflusses von Musik der Stilrichtung „Heavy Metal“ wurden Arrangements der Gruppe „Disturbed“ ausgewählt (Disturbed Indestructible, Mother Culture Publishing/WB Music Corporation, 2008). Disturbed (engl. für „gestört“, „wahnsinnig“) ist eine US-amerikanische Band mit den Mitgliedern David Draiman, Dan Donegan, Mike Wengren und John Moyer. Die Band wurde 1996 in Chicago gegründet und steht derzeit bei Reprise Records unter Vertrag. Disturbed gilt heute in der Regel als Alternative-Metal-Band, wird aber auch als Nu-Metal-, Heavy Metal- oder Hard-Rock-Band bezeichnet. Die genaue Genrezugehörigkeit ist umstritten. Das Jahr 2007 begann für die Band mit einer längeren Schaffenspause, bevor man im Oktober 2007 mit den Aufnahmen für das vierte Album „Indestructible“ begann. Zum ersten Mal produzierte die Band ihr Album selbst. Am 26. August 2010 erschien ihr fünftes Studioalbum „Asylum“. Bis zum Sommer 2010 verkaufte die Band weltweit insgesamt mehr als elf Millionen Tonträger, davon alleine neun Millionen in den USA. Ihr Debüt ausgenommen, stieg jedes ihrer Studioalben auf Platz eins der US-amerikanischen Charts ein. Für unsere Studien wurden von dem Album „Indestructible“

folgende Stücke ausgewählt, die zusammen eine Laufzeit von 21 min haben: „Indestructible“, „Inside The Fire“, „Deceiver“, „The Night“ und „Perfect Insanity“.

3.6 Blutentnahme und Bestimmung der Serum-Kortisolspiegel

Von jedem Schwein der Hauptversuchsperiode wurden zwei Blutproben entnommen: Jeweils 20 Minuten vor und direkt nach der ersten Untersuchungsphase (Beschallung bzw. Negativkontrolle). Die Schweine wurden hierfür für jeweils etwa 30 Sekunden mittels Oberkieferschlinge fixiert. Die Vena cava cranialis wurde mit einer Kanüle (Fa. Terumo, 18G x 1½“) punktiert und 4 ml Blut in einem Serumröhrchen aufgefangen. Serum wurde durch Zentrifugation bei 10.000 Umdrehungen für 10 Minuten gewonnen, abpipetiert und bis zur weiteren Verarbeitung bei -20° C eingelagert.

Zur Analyse des Kortisolwertes wurden die eingefrorenen Serumproben an die Medizinische Hochschule Hannover gesendet. Die Werte wurden mittels Immulite-System (Siemens Diagnostic, USA) ermittelt. Der intra-assay Koeffizient der Variation (CV %) betrug 6.3-10% und der inter-assay CV%, 5,8- 8,8%.

3.7 Verhaltensbeobachtung

Das Verhalten der Versuchstiere wurde durch Auswertung der Videoaufzeichnungen quantifiziert. Hierzu wurden alle gezeigten Verhaltensmerkmale identifiziert und zeitgenau quantifiziert. Schließlich wurde für den 21-minütigen Untersuchungszeitraum für jedes Verhaltensmerkmal dessen Gesamtdauer, durchschnittliche Dauer sowie die Häufigkeit des Auftretens des jeweiligen Verhaltens erfasst.

Folgende Verhaltensmerkmale wurden definiert:

1. Wühlen: Nase ins Stroh stecken und drin herumwühlen
2. Liegen: Mit dem Körper an der Erde liegen
3. Gehen: Eine Wegstrecke in der Bucht zurücklegen

-
4. Laufen: In höherem Tempo eine Wegstrecke in der Bucht zurücklegen
 5. Hören: Aufschauen, still stehen bleiben und Ohren spitzen
 6. Kopf schütteln: Schnelles Hin- und Herbewegen des Kopfes
 7. Ball spielen: Die Dauer, in der sich das Schwein mit dem Ball beschäftigt
 8. Schnüffeln: Schnüffelbewegungen der Nase sind sichtbar
 9. Tränke stoßen: Ohne Wasseraufnahme das Tränkebecken stoßen
 10. Kratzen: Mit den Hinterläufen kratzen
 11. In Trog steigen: Mit den Vorderläufen oder komplett ins Tränkebecken steigen
 12. In der Tränke wühlen: Ohne Wasseraufnahme die Nase ins Tränkebecken stecken und diese dort hin und her bewegen
 13. Die Wand stoßen: Mit dem Kopf/ Nase gegen die Wand stoßen
 14. Trinken: Wasseraufnahme
 15. Koten: Absetzen von Kot
 16. Harnen: Absetzen von Harn
 17. Exzitatorisches Verhalten: Unkontrolliertes, sehr schnelles um sich selbst Drehen
 18. Erschrecken: Aruptes Stoppen des gerade ausgeführten Verhaltens; dabei still/starr verharren
 19. Setzen: Mit der Hinterhand auf den Boden setzen, während die Vorderläufe gestreckt auf dem Boden stehen
 20. Fressen: Aufnahme von Futter
 21. Am Gitter beißen: Die Gitterstäbe mit dem Gebiss umklammern
 22. Ausbruchsversuch: Unter dem Gitter seiner Bucht nach draußen wollen
 23. Krampfen: Auf der Seite Liegen mit unkontrollierten klonischen Krämpfen
 24. An die Wand springen: Zur Wand laufen und an dieser hochspringen
 25. Stroh umherschmeißen: Aufnahme von Stroh mit dem Gebiss und dann den Kopf in einem schnellen Bewegungsablauf von links nach rechts drehen.

3.8 Das „JET-Telemetrie-System“

Für die Studie wurde ein externes Telemetriesystem der Firma DSI (Data Sciences International, St. Paul, MN, USA) eingesetzt, das im Rahmen dieses Modellprojektes erstmals in Deutschland verwendet wurde („JET-Telemetrie-System“). Laut Hersteller-Angaben sollte das JET-Telemetrie-System auch beim Schwein hervorragend zur nicht-invasiven Aufzeichnung der Herz-Kreislauf-Parameter EKG, Herzfrequenz und Herzfrequenzvariabilität sowie der Atemfrequenz geeignet sein. Das JET-Telemetrie-System erfordert 3 Elektroden, die mit Hilfe einer zweiteiligen Weste direkt am Vorderkörper des Schweins befestigt werden. Die erhobenen Daten werden telemetrisch und kontinuierlich über ein Sender-Receiver-System an einen zugehörigen PC weitergeleitet, dort aufgezeichnet und ausgewertet.



Abbildung 6: Unterziehweste zum Anbringen der Atemgurte.



Abbildung 7: Überziehweste zur Aufnahme des JET-Telemetrie-Systems.



Abbildung 8: Versuchstier mit angelegtem JET-Telemetrie-System (Miniaturetschwein). Der Sender (Transducer) ist in der roten Tasche auf dem Rücken der Schweine untergebracht.



Abbildung 9: Aufzeichnung des Datenmaterials der Videoaufnahmen sowie der erhobenen Herz-Kreislauf-Parameter.

3.9 Statistik

Die statistische Auswertung erfolgte mit Hilfe des Programmpakets IBM SPSS Version 20.0 (München). Die Daten wurden mittels deskriptiver Statistik auf Normalverteilung geprüft. Die Daten der Vor- und des Hauptversuche wurden getrennt ausgewertet. Die Auswertung erfolgte mittels multifaktorieller Varianzanalyse unter Berücksichtigung der Effekte Rasse (nur bei Kortisol und Herz-Kreislauf-Parametern), Musikstil, Weste (ja/nein), Wiederholung innerhalb Wiederholungstag. Bei der Auswertung des Musikeinflusses auf die Verhaltensparameter ergab sich eine signifikante Interaktion zwischen Rasse und Musikstil. Daher wurde die Auswertung der Verhaltensparameter nach Rassen getrennt untersucht. Zur Reduktion der Merkmalsvielfalt wurden die Verhaltensmerkmale mittels Faktorenanalyse reduziert. Aus der Korrelation der einzelnen Merkmale untereinander in der Faktorenanalyse wurden durch Transformation jeweils ein Gesamtaktivitäts- und ein Gesamtstressfaktor berechnet. Dargestellt wurden jeweils Mittelwerte, Standardirrtum und Signifikanzen.

4 Ergebnisse

4.1 Ergebnisse der Vorversuche

4.1.1 Auftreten von Verhaltensweisen und Beeinflussung durch den Musikstil

Die Schweine der Rasse „Deutsches Edelschwein“ zeigten innerhalb des 20-minütigen Versuchszeitraums bis zu 24 unterschiedliche Verhaltensweisen. Ohne Beschallung mit Musik wurden 9 Verhaltensweisen im Durchschnitt mindestens 2 mal, 9 weitere wenigstens 1 mal und 6 Verhaltensweisen, die unter Musikbeschallung beobachtet werden konnten, nicht gezeigt (Abbildung 10). Zu Letzteren zählten „Exzitation“ und „Krampfen“, „Ausbruchsversuche“, „Erschrecken“ und „Wandspringen“, also Verhaltensweisen, die eindeutig mit Stressempfinden assoziiert werden können. Zu den häufig gezeigten Verhaltensweisen gehörten insbesondere „Hören“, „Fressen“, „Wühlen“, „Kopfschütteln“ und „Gehen“.

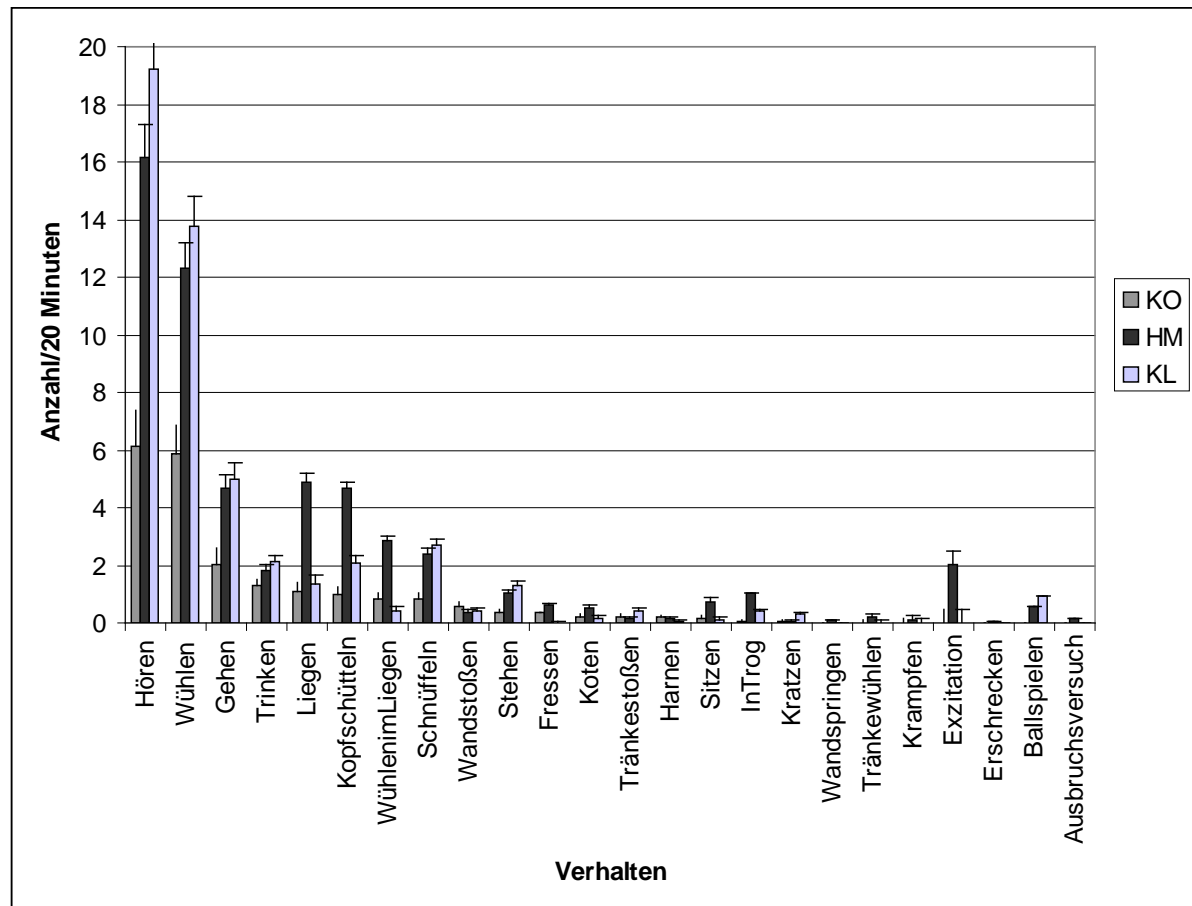


Abbildung 10: Anzahl der Wiederholungen verschiedener Verhaltensweisen bei Schweinen der Rasse „Deutsches Edelschwein“ in Abhängigkeit vom Musikstil. Die Daten liegen sortiert nach Häufigkeit der Verhaltenswiederholungen in der Kontrollgruppe vor.

Tabelle 1: Signifikanzen der Mittelwertsunterschiede der Häufigkeiten der Verhaltenswiederholungen in Abhängigkeit von den Musikstilen.

$p \leq 0,05$ (*), $p \leq 0,01$ (**), $p \leq 0,001$ (***)

	KO:HM	KL:KO	HM:KL
Ausbruchsversuch	***	n.s.	***
Ballspielen	***	***	***
Erschrecken	***	n.s.	***
Exzitation	**	n.s.	**
Fressen	***	***	***
Gehen	**	***	n.s.
Harnen	n.s.	*	n.s.
Hören	***	***	n.s.

	KO:HM	KL:KO	HM:KL
In Trog steigen	***	***	***
Kopfschütteln	***	**	***
Koten	*	n.s.	*
Krampfen	n.s.	n.s.	n.s.
Kratzen	n.s.	**	***
Liegen	***	n.s.	***
Schnüffeln	***	***	n.s.
Sitzen	**	n.s.	***
Stehen	***	***	n.s.
Tränkestoßen	n.s.	n.s.	*
Tränkewühlen	n.s.	n.s.	n.s.
Trinken	n.s.	**	n.s.
Wandspringen	***	n.s.	***
Wandstoßen	n.s.	n.s.	n.s.
Wühlen	***	***	n.s.
Wühlen im Liegen	***	n.s.	***

Unter dem Einfluss von Heavy Metal kam es zu deutlichen (Abbildungen 10 und 11), teilweise signifikanten, Verschiebungen in Anzahl und Dauer der Verhaltensäußerungen (Tabellen 1 und 2). Die meisten Verhaltenswiederholungen traten bei den Merkmalen „Hören“ und „Wühlen“ auf. Im Vergleich zur Kontrolle waren die Aktivitätsparameter „Wühlen“, „Hören“, „Gehen“ und „Schnüffeln“ signifikant gesteigert. Weitere signifikante Unterschiede, jedoch weitaus weniger ausgeprägt, zeigten sich bei den Parametern „Liegen“, „Stehen“ und „Sitzen“. Diese ließen im Vergleich mit der Kontrolle, sowohl eine Steigerung der Verhaltensfrequenz als auch der Verhaltensdauer erkennen. Die Parameter „Exzitation“, „Ausbrechen wollen“, „Erschrecken“ und „Wandspringen“ wurden nur unter Heavy Metal gezeigt ($p < 0.05$), wenngleich selten und nur in kurzer Sequenz. Im Vergleich zur Klassik zeigte sich bei Heavy Metal eher ein Bild der Aktivitätsminderung. So waren die Anzahl und Dauer der Verhaltensmerkmale „Liegen“, „Kopf schütteln“, „Sitzen“ und „Trogsteigen“ signifikant erhöht. Außerdem wurde unter Klassik signifikant mehr mit dem Ball gespielt, geschnüffelt, an die Wand gestoßen und in der Tränke gewühlt als unter Heavy Metal.

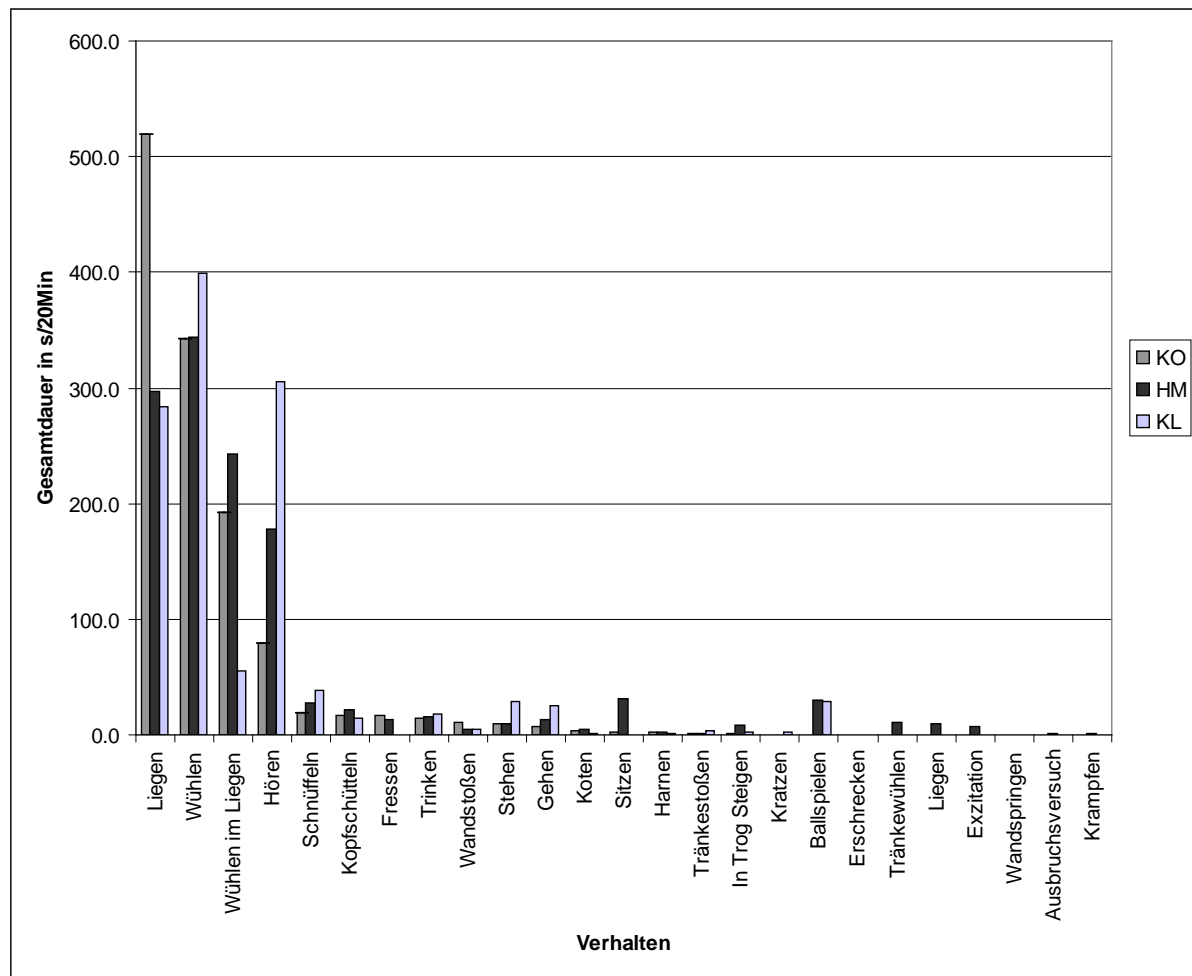


Abbildung 11: Gesamtdauer der einzelnen Verhaltensweisen in Abhängigkeit vom Musikstil bei Schweinen der Rasse Deutsches Edelschwein. Angaben in Sekunden pro 20 Minuten Versuchsdauer.

Im Vergleich zwischen Klassik und Kontrolle konnten ebenfalls signifikante Unterschiede, sowohl in der Anzahl als auch in der Dauer einzelner Verhaltensweisen festgestellt werden, insbesondere hinsichtlich „Wühlen“, „Hören“ und „Gehen“. „Schnüffeln“, „Ballspielen“ und „Tränkestoßen“ wurden zwar weniger häufig beobachtet, unterschieden sich aber ebenfalls signifikant zwischen beiden Durchgängen. Insgesamt zeigte sich unter Klassik im Vergleich zur Kontrolle eine Zunahme an aktiven Verhaltensweisen in Frequenz und Dauer (Abbildungen 10 und 11).

Tabelle 2: Signifikanzen der Unterschiede in Gesamtdauer (s/20 Minuten) der Verhaltensweisen in Abhängigkeit von den Musikstilen.

$p \leq 0,05$ (*), $p \leq 0,01$ (**), $p \leq 0,001$ (***)

	KO:HM	KL:KO	HM:KL
Ausbruchsversuch	***	n.s.	***
Ballspielen	***	***	***
Erschrecken	***	n.s.	***
Exzitation	n.s.	n.s.	n.s.
Fressen	n.s.	***	***
Gehen	*	***	***
Harnen	n.s.	n.s.	n.s.
Hören	**	***	***
In Trog steigen	***	***	***
Kopfschütteln	*	n.s.	n.s.
Koten	n.s.	n.s.	n.s.
Krampfen	n.s.	n.s.	n.s.
Kratzen	n.s.	***	***
Liegen	***	n.s.	***
Schnüffeln	n.s.	*	n.s.
Sitzen	n.s.	n.s.	n.s.
Stehen	n.s.	*	*
Tränkestoßen	n.s.	***	***
Tränkewühlen	n.s.	n.s.	n.s.
Trinken	n.s.	n.s.	n.s.
Wandspringen	***	n.s.	***
Wandstoßen	n.s.	n.s.	n.s.
Wühlen	n.s.	n.s.	n.s.
Wühlen im Liegen	n.s.	*	**

4.1.2 Versuchsbedingte Einflussfaktoren auf Verhaltensausprägungen

In den Vorversuchen sollte unter anderem untersucht werden, wie sich verschiedene Einflussfaktoren auf die Ausprägung von Verhaltensmerkmalen auswirken. Dabei wurden insbesondere die Lautstärke, die Wiederholbarkeit an einem Versuchstag und zwischen Versuchstagen sowie der Einfluss der Tageszeit untersucht (Tabellen 3 und 4). Ein Effekt der Unterschiede zwischen verschiedenen Wiederholungen am selben Versuchstag war praktisch nicht gegeben. Auch die Tageszeit beeinflusste unter den gegebenen Versuchsbedingungen nur 6 der 24 aufgetretenen Verhaltensweisen.

Tabelle 3: Einflussfaktoren auf die Anzahl Wiederholungen der beobachteten Verhaltensmerkmale während des 20-minütigen Versuchsdurchgangs.

p ≤ 0,05 (*), p ≤ 0,01 (**), p ≤ 0,001 (***)

	Musik	Lautstärke	Wdh an einem Tag	Wdh an verschiedenen Tagen	Tageszeit
Ausbruchsversuch	***	***	n.s.	***	n.s.
Ballspielen	***	***	n.s.	***	***
Erschrecken	***	***	n.s.	***	n.s.
Exzitation	**	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Fressen	***	***	n.s.	***	n.s.
Gehen	***	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Harnen	n.s.	n.s.	n.s.	*	n.s.
Hören	***	n.s.	**	n.s.	*
In Trog steigen	***	**	n.s.	***	n.s.
Kopfschütteln	***	***	n.s.	n.s.	n.s.
Koten	*	n.s.	n.s.	*	n.s.
Krampfen	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Kratzen	***	n.s.	n.s.	**	***
Liegen	***	***	n.s.	n.s.	n.s.
Schnüffeln	***	*	***	**	n.s.
Sitzen	***	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

	Musik	Lautstärke	Wdh an einem Tag	Wdh an verschiedenen Tagen	Tageszeit
Stehen	***	*	n.S.	***	***
Tränkestoßen	n.S.	n.S.	n.S.	n.S.	n.S.
Tränkewühlen	n.S.	n.S.	n.S.	n.S.	n.S.
Trinken	*	n.S.	**	*	n.S.
Wandspringen	***	***	n.S.	***	n.S.
Wandstoßen	n.S.	n.S.	n.S.	n.S.	n.S.
Wühlen	***	n.S.	n.S.	n.S.	n.S.
Wühlen im Liegen	***	n.S.	n.S.	n.S.	n.S.

Die unterschiedlichen Musikstile hatten einen signifikanten Einfluss auf eine Reihe von Verhaltensparameter: Während des 20-minütigen Versuchsdurchganges wurden 19 von 24 Merkmalen signifikant beeinflusst. Lediglich die Merkmale „Harnen“, „Krampfen“, „Tränkestoßen“, „Tränkewühlen“ und „Wandstoßen“ zeigten sich vom Musikstil weitgehend unbeeinflusst.

Ein Einfluss der Tageszeit konnte hingegen nur für vier der 24 aufgetretenen Verhaltensweisen festgestellt werden: „Ballspielen“, „Hören“, „Kratzen“ und „Stehen“. Auch die Wiederholungen an einem Versuchstag zeigten nur geringe Effekte. Die Lautstärke beeinflusste insbesondere Aktivitäten, die mit Stress assoziierbar sind: „Erschrecken“, „Ausbruchsverhalten“ und „Wandspringen“, aber auch solche Verhaltensweisen, die zunächst nicht eindeutig Verhaltenskategorien zugeordnet werden können, wie „Kopfschütteln“ und „Liegen“.

Tabelle 4: Einflussfaktoren auf die Gesamtdauer der beobachteten Verhaltensmerkmale während der 20-minütigen Untersuchungsphase. $p \leq 0,05$ (*), $p \leq 0,01$ (**), $p \leq 0,001$ (***)

	Musik	Lautstärke	Wdh an einem Tag	Wdh an verschiedenen Tagen	Tageszeit
Ausbruchsversuch	n.S.	***	n.S.	***	n.S.
Ballspielen	n.S.	**	n.S.	**	***
Erschrecken	n.S.	n.S.	n.S.	*	n.S.

	Musik	Lautstärke	Wdh an einem Tag	Wdh an verschiedenen Tagen	Tageszeit
Exzitation	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Fressen	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Gehen	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Harnen	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Hören	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
In Trog steigen	***	***	n.s.	***	***
Kopfschütteln	*	n.s.	**	n.s.	***
Koten	***	***	n.s.	***	n.s.
Krampfen	***	***	n.s.	***	n.s.
Kratzen	***	*	n.s.	**	n.s.
Liegen	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Liegen	n.s.	n.s.	n.s.	**	n.s.
Schnüffeln	***	***	n.s.	***	***
Sitzen	**	*	n.s.	***	n.s.
Stehen	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Tränkestoßen	*	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Tränkewühlen	n.s.	***	n.s.	***	n.s.
Trinken	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Wandspringen	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Wandstoßen	***	*	n.s.	***	***
Wühlen	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Wühlen im Liegen	**	***	n.s.	***	*

4.1.3 Zusammenfassung der Verhaltensmerkmale mittels Faktorenanalyse

Aus der Vielzahl der gezeigten Verhaltensweisen ließ sich nicht immer eindeutig erkennen, welcher Verhaltenskategorie ein Einzelverhalten zugeordnet werden konnte, d.h., ob es im Umfeld des Versuchs als eher günstig (z.B. „Wühlen“) oder eher ungünstig (z.B. „Krampfen“,

„Exzitation“) anzusehen war. Deshalb wurde mit Hilfe der Faktorenanalyse eine Ähnlichkeits-matrix der Verhaltensweisen erstellt. Dabei wurden vier Faktoren extrahiert (Tabelle 5).

Tabelle 5: Zuordnung der Verhaltensweisen zu den vier mittels Faktorenanalyse extrahierten Faktoren.

	1	2	3	4
Wandspringen				
Krampfen				
Exzitation				
Tränkestoßen				
Sitzen				
Ausbruchsversuch				
Trogwühlen				
Koten				
Harnen				
Fressen				
Schnüffeln				
In Trog steigen				
Kopfschütteln				
Wühlen im Liegen				
Wandstoßen				
Stehen				
Kratzen				
Gehen				
Hören				
Trinken				
Wühlen				
Liegen				

Faktor 1 wurde durch Verhaltensweisen wie „Wandspringen“, „Krampfen“ und „Exzitation“ geladen, Merkmale also, die mit Stress assoziiert werden können. Auch die Merkmale „Sitzen“ und „Tränkestoßen“ traten hinzu. Die Merkmale, die in Faktor 2 zusammengefasst

wurden, ließen ebenfalls einen „Unruhe-Aspekt“ erkennen: „Ausbruchsversuch“, „Trogwühlen“, „Koten“ und „Harnen“. Die Merkmale „Fressen“ und „Schnüffeln“ wurden zugleich Faktor 4 zugeordnet, in dem weitere, eher als günstig einstuftbare Verhaltensweisen, wie „Trinken“ und insbesondere „Wühlen“ und „Liegen“ zusammengefasst wurden. Faktor 3 schließlich enthielt eher unauffällige, ruhigere Aktivitätsverhalten wie „Wühlen im Liegen“, „Stehen“, „Gehen“, „Hören“, „Kratzen“, „In den Trog steigen“, „Kopfschütteln“ und „Wandstoßen“.

Aus der Kombination der Verhaltensmerkmale ergibt sich damit eine Anhäufung ungünstiger, eher stress-assoziiierter Merkmale für die Faktoren 1 und 2, während die Faktoren 3 und 4 eher günstige, aktivitäts-assoziierte Verhalten enthält, zum Teil mit Wohlbefinden verknüpft sind (z.B. „Wühlen“).

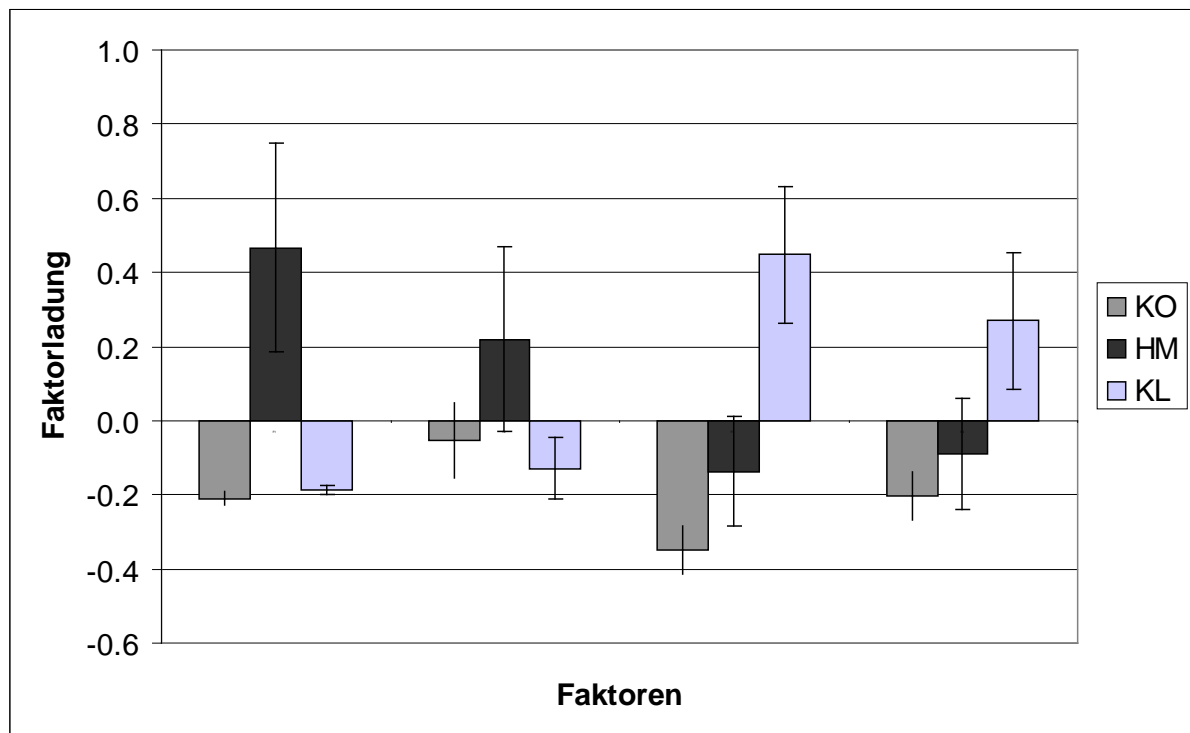


Abbildung 12: Ausprägung der vier extrahierten Faktoren in Abhängigkeit vom Musikstil.

Jedem Tier konnten nun, entsprechend seiner Verhaltensmerkmalsausprägungen, Werte für die vier Faktoren zugeordnet werden. Hohe Werte zeigen dabei eine hohe Übereinstimmung mit den Inhalten des jeweiligen Faktors an. Vergleicht man nun die Gewichtung der Faktoren in den einzelnen Tieren, so ergeben sich erhebliche Unterschiede zwischen den Musikstilen (Abbildung 12). In der Kontrollgruppe ohne Musikbeschallung ergeben sich jeweils negative Faktorenladungen für alle vier Faktoren. Unter Heavy Metal dominieren die Faktoren 1 und 2,

unter der Wirkung von Klassik hingegen die Faktoren 3 und 4. Die Unterschiede zwischen Kontrolle und Heavy Metal waren statistisch signifikant (mindestens $p < 0.05$) für Faktor 1 und 2, die zwischen Kontrolle und Klassik für die Faktoren 3 und 4 und die zwischen Heavy Metal und Klassik für alle Faktoren.

4.2 Ergebnisse der Hauptversuche

4.2.1 Verhaltensbeobachtungen

4.2.1.1 Verhaltensweisen ohne Musikbeschallung

Während des 21-minütigen Untersuchungszeitraums zeigten die Schweine ein Maximum an 24 unterschiedlichen Verhaltensweisen. Hiervon wurden ohne Musikbeschallung (Negativkontrolle [KO]) lediglich 20 Verhalten gezeigt. Anteilig an der Gesamtbeobachtung war „Liegen“ das mit Abstand ausgeprägteste Verhalten. Es wurde von Schweinen der Rasse Pietrain durchschnittlich 309 s und von den Miniaturschweinen 325 s gezeigt. Beide Rassen unterschieden sich dabei nicht. „Hören“, „Wühlen“, „Fressen“, „Sitzen“ und „Schnüffeln“ nahmen weitere signifikante Zeitanteile am Gesamtverhalten ein. „Trinken“, „Gehen“, „Wandstoßen“ und „Kratzen“ nahmen einen deutlich geringeren Zeitrahmen ein; „Kopfschütteln“, „Ballspielen“, „Koten“, „Gitterbeißen“, „In den Trog steigen“, „Harnen“, „Erschrecken“, „Rennen“ und „Exzitation“ wurden nur sehr kurz, „Tränkewühlen“, „Unter den Trog kriechen“, „Krampfen“ und „Mit den Füßen gegen die Wand springen“ wurden ohne Musikbeschallung überhaupt nicht gezeigt.

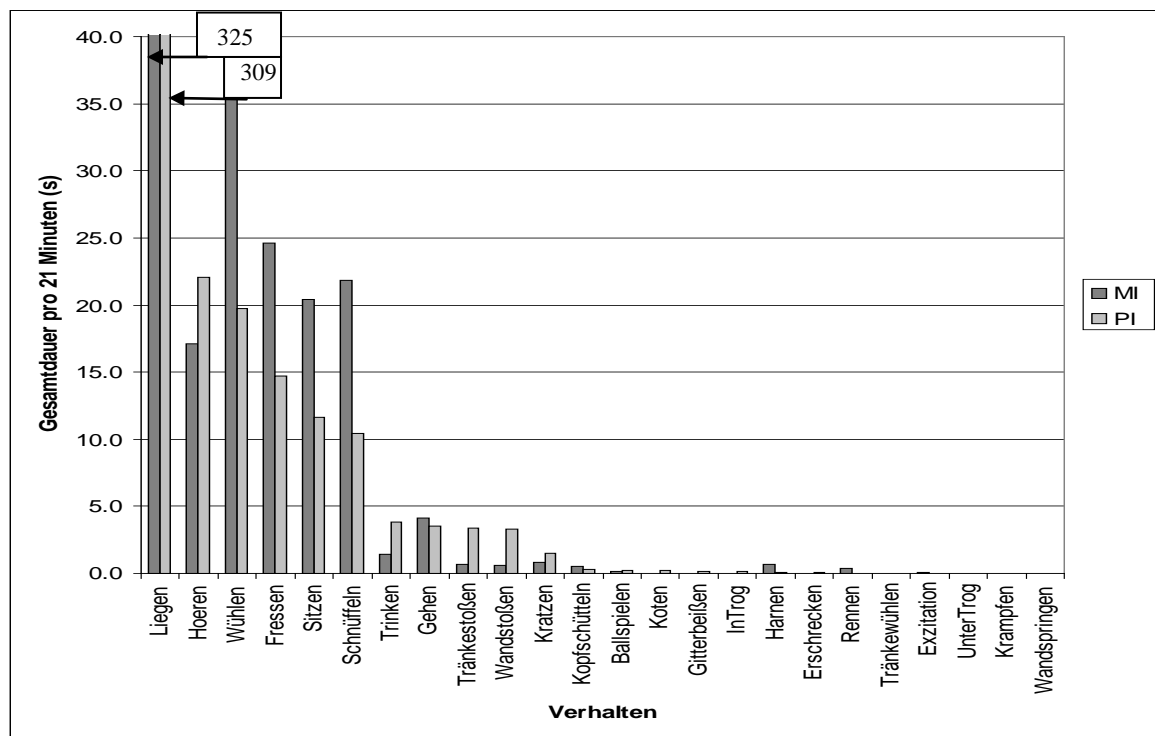


Abbildung 13: Ausübung und Gesamtdauer der Verhaltensweisen bei Pietrain (PI) und Miniaturschweinen (MI).

Die Rassen unterschieden sich nicht signifikant. Lediglich der „Kotabsatz“ nahm bei Pietrain eine höhere Zeitdauer ein und Miniaturschweine waren längere Zeit mit „Gehen“ beschäftigt. „Erschrecken“, „Gitterbeißen“ und „In den Trog steigen“ wurde nur bei den Pietrain-Schweinen beobachtet. Ein prinzipiell ähnliches Bild ergab sich für die Anzahl an Verhaltenswiederholungen (Abbildung 14) sowie für die Anteile an Schweinen mit den entsprechenden Verhaltensweisen (Abbildung 15). Unter den Miniaturschweinen zeigte ein signifikant größerer Anteil „Exzitationen“ und „Hören“ als bei den Pietrain, während bei Letzteren signifikant mehr Tiere mit „Gehen“ und „Tränkestoßen“ beschäftigt waren. Hingegen zeigten die Miniaturschweine eine signifikant höhere Anzahl an Wiederholungen im „Fressen“, „Kopfschütteln“, „Harnen“ und „Rennen“ als die Pietrain-Schweine.

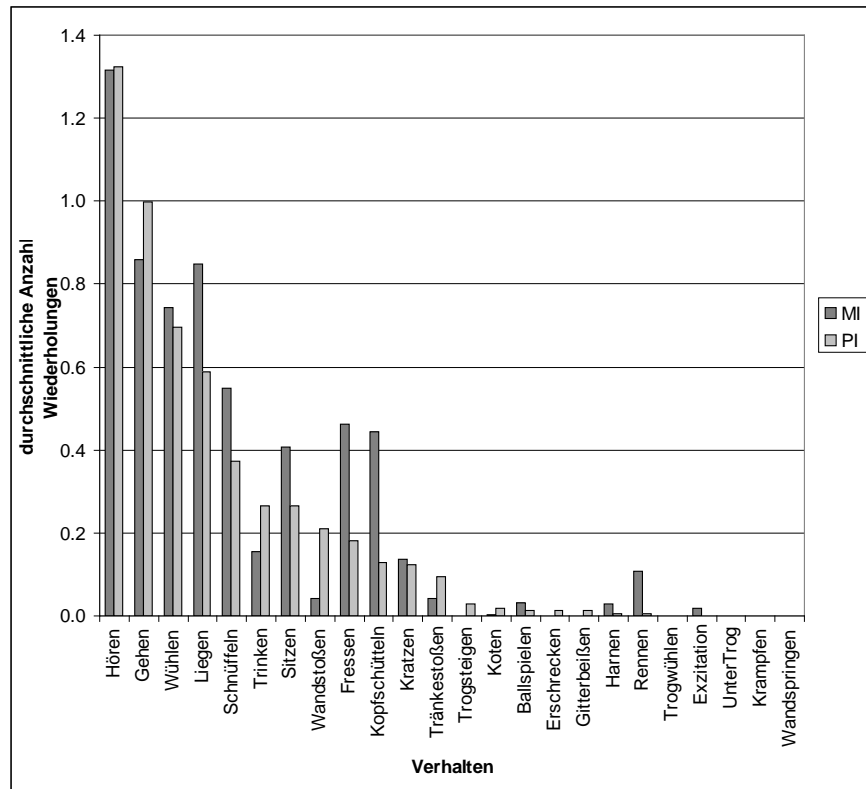


Abbildung 14: Durchschnittliche Anzahl von Verhaltenswiederholungen im Untersuchungszeitraum (21 Minuten) nach Rasse (MI=Miniaturschweine; PI=Pietrain).

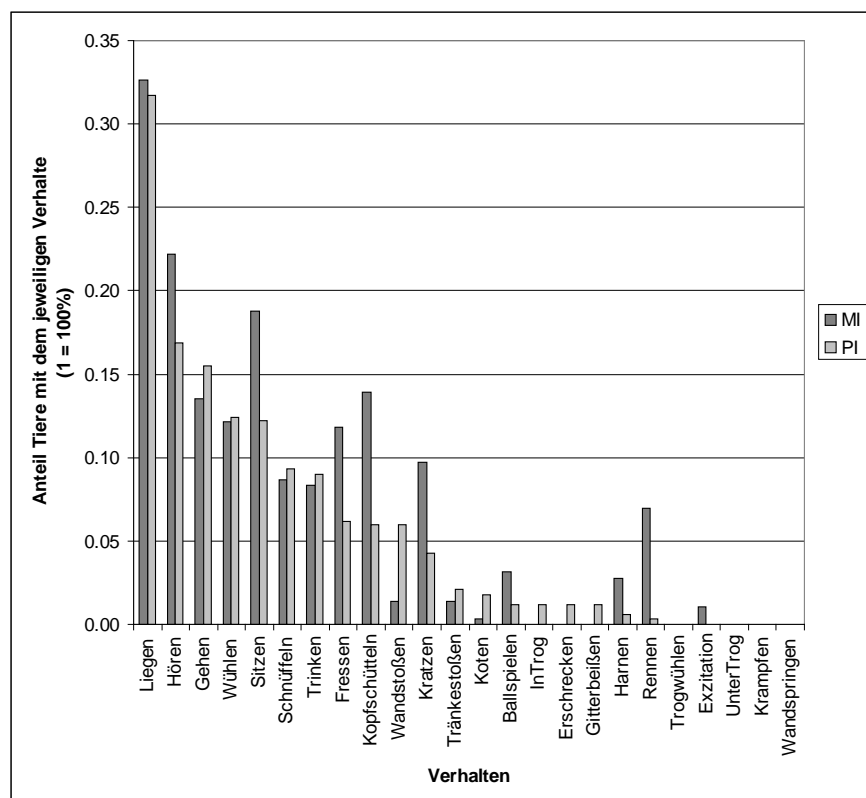
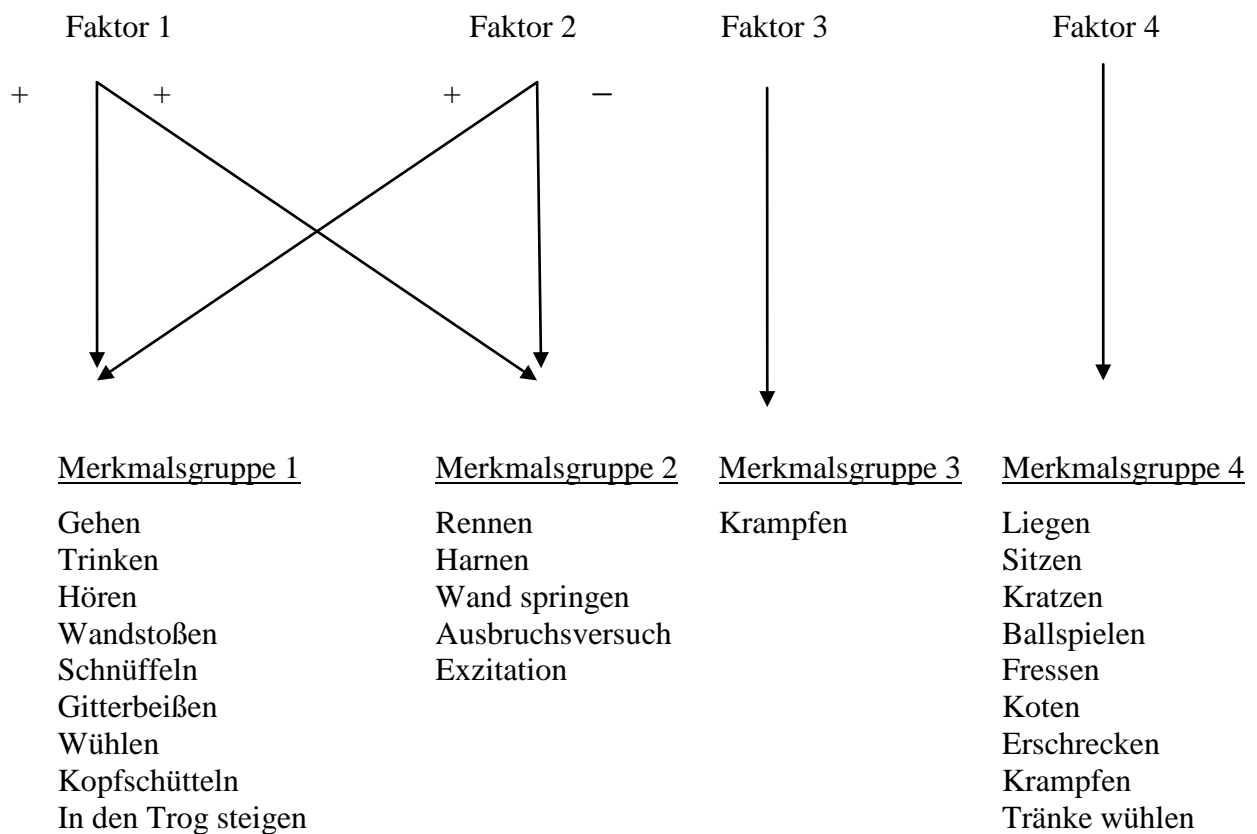


Abbildung 15: Anteil Schweine mit den jeweiligen Verhaltensweisen, unterteilt nach Rasse.

4.2.1.2 Untersuchung der Verhaltensparameter mit Faktorenanalyse

Ein weiteres Problem ergab sich aus der Vielzahl der von den Schweinen gezeigten Verhaltensweisen. Eine direkte Interpretation einzelner Verhaltensweisen im Hinblick auf Musikwirkung war nicht immer möglich. Mit Hilfe der Faktorenanalyse wurden daher die Verhaltensweisen nach Ähnlichkeit zusammengefasst.

Faktorenanalyse



In der Summe stellt die erste Faktorengruppe „Aktivitätsverhaltensmerkmale“ dar. Die zweite wird als Faktorengruppe von „Stressverhalten“ gewertet. Die letzte Gruppe lässt sich nicht klar fassen und stellt indifferente Verhaltensweisen dar.

4.2.1.3 Einfluss der Musikstile auf die Verhaltensparameter

Mittels Varianzanalyse wurde eine hoch signifikante Interaktion ($p < 0,001$) der Effekte Rasse und Musikstil nachgewiesen. Die Gesamtreaktion der Schweine auf die einzelnen Musikstile verlief bei den Rassen vollkommen entgegengesetzt. Daher werden die Ergebnisse im Folgenden nach Rasse getrennt dargestellt.

Pietrain

Schweine der Rasse Pietrain reagierten unter Musikbeschallung mit einer gesteigerten Verhaltensaktivität (Tabellen 6-8). Die unter KL gezeigten Verhaltensaktivitäten unterschieden sich nicht von denen der Kontrolle, mit Ausnahme des häufiger gezeigten „Kopfschütteln“. Im Gegensatz dazu nahm die Anzahl einer Reihe von Verhaltensaktivitäten unter HM gegenüber der KO signifikant zu (Tabelle 6). Außerdem wurden diese Aktivitäten von signifikant mehr Schweinen gezeigt als unter Kontrollbedingungen (Tabelle 8). Die betroffenen Merkmale können insbesondere dem Komplex „Aktivitätsverhalten“ zugeordnet werden („Wühlen“, „Gehen“, „Schnüffeln“, „Gitterbeißen“, „Trinken“). Außerdem rannten die Schweine unter HM vermehrt (Stressverhalten) und zeigten eine Tendenz zu stärkerem Exzitationsverhalten. Aus der Gruppe der „indifferenten“ Verhaltensweisen traten unter HM „Kopfschütteln“, „Koten“, und „Hören“ vermehrt auf. Dabei waren insbesondere die summarische Gesamtdauer der im Gesamtbeobachtungsintervall von 21 Minuten betrachteten Verhaltensweisen und die Anzahl der Tiere, die dieses Verhalten zeigten, betroffen, weniger die Dauer der einzelnen Verhaltenswiederholungen (Tabelle 9). Direkte und signifikante Unterschiede zwischen KL und HM ergaben sich für die Verhaltensweisen „Wühlen“, „Gehen“, „Schnüffeln“ und tendenziell für „Trinken“ (Aktivitätsverhalten), „Rennen“ (Stressverhalten) sowie „Hören“ und „Koten“ (indifferente Verhalten). Dabei waren die Verhaltensaktivitäten unter HM jeweils gegenüber KL gesteigert. Alle übrigen Verhaltensmerkmale zeigten keine eindeutig differierende Verteilung zwischen den Musikstilen.

Die dem „Stressverhalten“ zuzuordnenden Verhaltensweisen „Erschrecken“, „In den Trog steigen“, „Harnen“, „Krampfen“ sowie „An die Wand springen“ traten nur vereinzelt auf und führten trotz tendenziell deutlicherem Auftreten unter HM nicht zu Signifikanzunterschieden.

Die summarische Betrachtung der verschiedenen Verhaltensparameter, eingeteilt nach Aktivitäts- und Stressverhaltensweisen, ergab eine signifikante Steigerung der Anzahl an Verhaltenswiederholungen sowie der Anteile von Tieren mit den entsprechenden Verhalten unter HM gegenüber Kontroll- und Klassik-Durchgang. Die Steigerung der Gesamtdauer an Aktivitäts- und Stressverhalten war tendenziell sichtbar, konnte aber nur für Aktivitätsverhalten statistisch abgesichert werden. Unter dem Einfluss klassischer Musik wurden für alle Aspekte der Aktivitäts- und Stressverhalten Werte erreicht, die zwischen denen des Kontroll- und des HM-Durchgangs lagen. Die Unterschiede zwischen Klassik- und Kontrolldurchgängen war allerdings nicht statistisch signifikant.

Tabelle 6: Gesamtdauer von Verhaltensweisen (in Sekunden) im 21-minütigen

Beobachtungsintervall bei Schweinen der Rasse Pietrain:

$p \leq 0,05$ (*), $p \leq 0,01$ (**), $p \leq 0,001$ (***)

	HM	KL	KO	SE	HM:KL	HM:KO	KL:KO
Ausbruchsversuch	0,048	0,000	0,000	0,033	n.s.	n.s.	n.s.
Ballspielen	0,540	0,555	0,233	0,336	n.s.	n.s.	n.s.
Erschrecken	0,182	0,019	0,040	0,118	n.s.	n.s.	n.s.
Exzitation	0,097	0,005	0,000	0,044	n.s.	n.s.	n.s.
Fressen	17,631	7,646	14,698	4,469	n.s.	n.s.	n.s.
Gehen	9,078	5,141	3,535	1,291	*	**	n.s.
Gitterbeissen	1,045	0,575	0,168	0,350	n.s.	n.s.	n.s.
Harnen	0,054	0,093	0,045	0,067	n.s.	n.s.	n.s.
Hören	61,633	31,497	22,036	8,568	*	***	n.s.
In Trog steigen	0,366	0,046	0,133	0,192	n.s.	n.s.	n.s.
Kopfschütteln	0,826	1,411	0,303	0,344	n.s.	n.s.	*
Koten	0,400	0,032	0,198	0,111	**	n.s.	n.s.
Krampf	0,000	0,031	0,000	0,025	n.s.	n.s.	n.s.
Kratzen	0,396	1,287	1,515	0,955	n.s.	n.s.	n.s.
Liegen	243,570	310,149	308,769	29,868	n.s.	n.s.	n.s.
Rennen	0,616	0,063	0,032	0,178	**	*	n.s.
Schnüffeln	16,235	6,780	10,406	3,611	n.s.	n.s.	n.s.
Sitzen	20,689	8,909	11,587	5,834	n.s.	n.s.	n.s.
Tränkestossen	1,025	0,434	3,374	1,788	n.s.	n.s.	n.s.
Tränkewühlen	0,062	2,133	0,000	1,351	n.s.	n.s.	n.s.
Trinken	4,709	2,782	3,797	1,294	n.s.	n.s.	n.s.
Trogsteigen	1,130	1,061	0,534	0,549	n.s.	n.s.	n.s.

Tabelle 7: Anzahl Wiederholungen von Verhaltensweisen im 21-minütigen

Beobachtungsintervall bei Schweinen der Rasse Pietrain.

p ≤ 0,05 (*), p ≤ 0,01 (**), p ≤ 0,001 (***)

	HM	KL	KO	SE	HM:KL	HM:KO	KL:KO
Ballspielen	0,02	0,02	0,01	0,012	n.s.	n.s.	n.s.
Erschrecken	0,02	0,01	0,01	0,011	n.s.	n.s.	n.s.
Exzitatorisch	0,04	0,00	0,00	0,017	n.s.	n.s.	n.s.
Fressen	0,37	0,18	0,18	0,105	n.s.	n.s.	n.s.
Gehen	2,67	1,33	1,00	0,326	**	***	n.s.
Gitterbeißen	0,07	0,04	0,01	0,021	n.s.	*	n.s.
Harnen	0,01	0,01	0,01	0,007	n.s.	n.s.	n.s.
Hören	3,75	1,80	1,33	0,469	**	***	n.s.
In Trog steigen	0,05	0,01	0,03	0,023	n.s.	n.s.	n.s.
Kopfschütteln	0,51	0,26	0,13	0,083	*	***	n.s.
Koten	0,05	0,01	0,02	0,010	**	*	n.s.
Krampfen	0,00	0,01	0,00	0,005	n.s.	n.s.	n.s.
Kratzen	0,12	0,15	0,12	0,076	n.s.	n.s.	n.s.
Liegen	0,70	0,57	0,59	0,090	n.s.	n.s.	n.s.
Rennen	0,23	0,01	0,01	0,060	**	**	n.s.
Schnüffeln	0,98	0,36	0,37	0,147	**	**	n.s.
Sitzen	0,27	0,25	0,27	0,060	n.s.	n.s.	n.s.
Tränkestoßen	0,07	0,04	0,09	0,052	n.s.	n.s.	n.s.
Trinken	0,42	0,21	0,27	0,079	*	n.s.	n.s.
Trogsteigen	0,08	0,03	0,03	0,021	n.s.	n.s.	n.s.
Trogwühlen	0,00	0,05	0,00	0,035	n.s.	n.s.	n.s.
Ausbruchsversuch	0,01	0,00	0,00	0,006	n.s.	n.s.	n.s.
Wandspringen	0,01	0,00	0,00	0,013	n.s.	n.s.	n.s.
Wandstoßen	0,46	0,30	0,21	0,116	n.s.	n.s.	n.s.
Wühlen	1,70	0,84	0,70	0,257	*	**	n.s.

Tabelle 8: Prozentualer Anteil an Schweinen mit einem bestimmten Verhalten im 21-minütigen Beobachtungsintervall bei der Rasse Pietrain (Angaben in %).

p ≤ 0,05 (*), p ≤ 0,01 (**), p ≤ 0,001 (***)

	HM	KL	KO	SE	HM:KL	HM:KO	KL:KO
Ausbruchsversuch	0,50	0,00	0,00	0,004	n.s.	n.s.	n.s.
Ballspielen	1,20	1,10	1,20	0,007	n.s.	n.s.	n.s.
Erschreck	0,90	0,60	1,20	0,007	n.s.	n.s.	n.s.
Exzitatorisch	1,70	0,30	0,00	0,007	n.s.	0,065	n.s.
Fressen	9,70	5,80	6,20	0,019	n.s.	n.s.	n.s.
Gehen	25,30	16,70	15,50	0,027	*	**	n.s.
Gitterbeißen	5,20	2,40	1,20	0,012	n.s.	*	n.s.
Harnen	0,60	0,90	0,60	0,007	n.s.	n.s.	n.s.
Hören	26,10	20,00	16,90	0,027	n.s.	*	n.s.
In Trog steigen	2,10	0,90	1,20	0,009	n.s.	n.s.	n.s.
Koten	3,80	0,50	1,80	0,009	*	n.s.	n.s.
Kopfschütteln	17,40	13,90	6,00	0,022	n.s.	***	n.s.
Krampfen	0,00	0,30	0,00	0,003	n.s.	n.s.	n.s.
Kratzen	3,60	4,60	4,30	0,014	n.s.	n.s.	n.s.
Liegen	30,50	30,50	31,70	0,029	n.s.	n.s.	n.s.
Rennen	7,30	0,50	0,30	0,012	***	***	n.s.
Schnüffeln	17,10	10,80	9,30	0,023	*	*	n.s.
Sitzen	14,60	9,70	12,20	0,023	n.s.	n.s.	n.s.
Tränkstoßen	6,00	2,40	2,10	0,013	*	n.s.	n.s.
Trinken	17,40	9,60	9,00	0,023	*	*	n.s.
Trogsteigen	16,10	6,00	8,00	0,038	n.s.	n.s.	n.s.
Trogwühlen	0,30	0,60	0,00	0,004	n.s.	n.s.	n.s.
Wandspringen	1,30	0,00	0,00	0,013	n.s.	n.s.	n.s.
Wandstoßen	13,00	7,80	6,00	0,020	n.s.	*	n.s.
Wühlen	23,00	16,30	12,40	0,026	n.s.	**	n.s.

Tabelle 9: Aktivitäts- und Stressverhalten bei Pietrain-Schweinen in Abhängigkeit vom Musikstil. Dargestellt sind die Anzahl an Verhaltenswiederholungen, die Gesamtverhaltensdauer und der prozentuale Anteil beteiligter Schweine, jeweils bezogen auf das 21-minütigen Beobachtungsintervall. Signifikanzen: $p \leq 0,05$ (*), $p \leq 0,01$ (**), $p \leq 0,001$ (***)

Merkmal		HM	KL	KO	SE	HM:KL	HM:KO	KL:KO
Stress	Anzahl Wdh	0,29	0,02	0,01	0,08	*	*	n.s.
	Gesamtdauer	1,14	0,19	0,01	0,53	n.s.	n.s.	n.s.
	Anteil Tiere (%)	0,12	0,02	0,01	0,03	*	*	n.s.
Aktivität	Anzahl Wdh	6,39	3,1	2,59	0,77	**	**	n.s.
	Gesamtdauer	82,03	51,01	41,47	12,13	n.s.	*	n.s.
	Anteil Tiere (%)	1,05	0,65	0,55	0,11	**	**	n.s.

Die Schweine der Rasse Pietrain zeigten eine deutliche Steigerung des Aktivitäts- und Stressverhaltens unter Heavy Metal (Tabelle 9). Beim Stressverhalten zeigten die Tiere sowohl in Bezug auf die Anzahl an Verhaltenswiederholungen als auch anhand der beteiligten Tieranzahl eine signifikante Steigerung im Vergleich zur Kontrolle und zu klassischer Musik. Beim Aktivitätsverhalten waren die Unterschiede zwischen Heavy Metal und klassischer Musik sowie Kontrolle noch ausgeprägter. Die Unterschiede zwischen Klassik und Kontrolle waren hingegen nicht signifikant.

Miniaturschweine

Die Miniaturschweine zeigten deutlich weniger an Verhaltensweisen als die Schweine der Rasse Pietrain. Die Verhaltensweisen „In den Trog steigen“, „In der Tränke wühlen“, „Erschrecken“, „Gitterbeißen“, „Krampfen“ und an die „Wand springen“, die durch die Faktorenanalyse insbesondere dem Komplex „Stressverhalten“ zugeordnet wurden, traten bei den Miniaturschweinen nicht auf. Einzig auftretende Verhaltensparameter aus dem Komplex des „Stressverhaltens“ sind „Rennen“ und „Harnen“.

Im Vergleich der KO mit den beiden Beschallungen (HM und KL) zeigte sich in der Anzahl der einzelnen Verhaltenswiederholungen eine signifikante Steigerung in den Verhaltensäußerungen „Wühlen“ und „Schnüffeln“ unter Beschallung. Außerdem wühlten die Schweine unter dem Einfluss von Musik signifikant kürzer als ohne. Beide Merkmale

sind dem Verhaltenskomplex „Aktivität“ zuzuordnen. Auch zahlreiche, als indifferent eingestufte Verhaltensweisen, nämlich „Kopfschütteln“, „Hören“ und „Fressen“, wurden unter dem Einfluss von Musik seltener und in der Gesamtdauer verkürzt gezeigt. Außerdem wurde unter Musikbeschallung eine signifikante Reduktion im Anteil Tiere mit den Verhalten „Fressen“ und „Hören“ beobachtet. Allen weiteren Verhaltensparametern konnte kein eindeutiger Effekt der Beschallung zugeordnet werden. Lediglich die Aktivität im „Ballspielen“ nahm unter Musikbeschallung tendenziell ab.

Im Gegensatz zur Situation bei den Pietrain-Schweinen zeigten die Aktivitätsverhalten unter HM und klassischer Musik summarisch einen signifikanten Unterschied zum Kontrolldurchgang. Die summarische Betrachtung der Stressverhaltensweisen konnte nicht durchgeführt werden, weil die meisten hieran beteiligten Merkmale von den Miniaturschweinen nicht gezeigt wurden. Deshalb wird eine entsprechende Tabelle (wie Tabelle 9) nicht vorgelegt.

Tabelle 10: Gesamtdauer von Verhaltensweisen (in Sekunden) im 21-minütigen

Beobachtungsintervall bei Schweinen der Rasse Miniaturschwein.

$p \leq 0,05$ (*), $p \leq 0,01$ (**), $p \leq 0,001$ (***)

	HM	KL	KO	SE	HM:KL	HM:KO	KL:KO
Ballspielen	0,007	0,462	0,118	0,800	n.s.	n.s.	n.s.
Exzitation	0,000	0,069	0,080	0,149	n.s.	n.s.	n.s.
Fressen	5,347	14,170	24,583	5,099	n.s.	***	n.s.
Gehen	2,948	3,358	4,090	1,477	n.s.	n.s.	n.s.
Harnen	0,000	0,000	0,667	0,000	**	***	**
Hören	5,080	13,007	17,139	4,669	n.s.	n.s.	n.s.
Kopfschütteln	0,181	0,542	0,538	0,106	*	*	n.s.
Koten	0,000	0,000	0,035	0,060	n.s.	n.s.	n.s.
Kratzen	0,722	0,267	0,847	0,157	*	n.s.	**
Rennen	0,031	0,028	0,354	0,108	n.s.	*	*
Schnüffeln	2,840	8,347	21,802	3,918	n.s.	***	**
Sitzen	13,938	14,823	20,420	8,505	n.s.	n.s.	n.s.
Tränkestoßen	0,031	0,545	0,667	1,190	n.s.	n.s.	n.s.
Trinken	0,625	0,583	1,431	0,629	n.s.	n.s.	n.s.
Wandstoßen	0,253	0,274	0,628	0,849	n.s.	n.s.	n.s.
Wühlen	0,903	3,115	36,757	6,570	n.s.	***	***

Tabelle 11: Anzahl Wiederholungen von Verhaltensweisen im 21-minütigen Beobachtungsintervall bei Schweinen der Rasse Miniaturschwein.

$p \leq 0,05$ (*), $p \leq 0,01$ (**), $p \leq 0,001$ (***)

	HM	KL	KO	SE	HM:KL	HM:KO	KL:KO
Ballspielen	0,003	0,010	0,031	0,020	n.s.	n.s.	n.s.
Exzitatorisch	0,000	0,010	0,017	0,027	n.s.	n.s.	n.s.
Fressen	0,163	0,385	0,462	0,118	n.s.	n.s.	n.s.
Gehen	0,576	0,767	0,858	0,299	n.s.	n.s.	n.s.
Harnen	0,000	0,000	0,028	0,000	n.s.	***	***
Hören	0,698	1,170	1,316	0,375	n.s.	n.s.	n.s.
Kopfschütteln	0,097	0,222	0,444	0,087	n.s.	**	n.s.
Koten	0,000	0,000	0,003	0,006	n.s.	n.s.	n.s.
Kratzen	0,094	0,104	0,135	0,039	n.s.	n.s.	n.s.
Liegen	0,528	0,552	0,847	0,131	n.s.	n.s.	n.s.
Rennen	0,031	0,007	0,108	0,024	n.s.	**	**
Schnüffeln	0,271	0,490	0,549	0,164	n.s.	n.s.	n.s.
Sitzen	0,347	0,316	0,406	0,138	n.s.	n.s.	n.s.
Tränkestoßen	0,007	0,062	0,042	0,080	n.s.	n.s.	n.s.
Trinken	0,049	0,045	0,156	0,045	n.s.	n.s.	n.s.
Wandstoßen	0,056	0,031	0,042	0,059	n.s.	n.s.	n.s.
Wühlen	0,083	0,188	0,743	0,143	n.s.	***	**

Tabelle 12: Prozentualer Anteil an Schweinen mit einem bestimmten Verhalten im 21-minütigen Beobachtungsintervall bei der Rasse Miniaturschwein (Angaben in %)

$p \leq 0,05$ (*), $p \leq 0,01$ (**), $p \leq 0,001$ (***)

	HM	KL	KO	SE	HM:KL	HM:KO	KL:KO
Ballspielen	0,35	0,35	3,13	0,010	n.s.	0,060	0,060
Exzitatorisch	0,00	0,35	1,04	0,012	n.s.	n.s.	n.s.
Fressen	4,17	8,33	11,81	0,027	n.s.	*	n.s.
Gehen	9,38	13,54	13,54	0,041	n.s.	n.s.	n.s.
Harnen	0,00	0,00	2,78	0,000	n.s.	***	***
Hören	7,64	13,89	22,22	0,040	n.s.	**	n.s.
Koten	0,00	0,00	0,35	0,006	n.s.	n.s.	n.s.
Kopfschütteln	5,56	9,72	13,89	0,030	n.s.	*	n.s.
Kratzen	3,47	6,25	9,72	0,017	n.s.	***	n.s.
Liegen	33,33	30,56	32,64	0,051	n.s.	n.s.	n.s.
Rennen	3,13	0,69	6,94	0,016	n.s.	n.s.	***
Schnüffeln	6,25	10,42	8,68	0,033	n.s.	n.s.	n.s.
Sitzen	9,72	12,15	18,75	0,038	n.s.	n.s.	n.s.
Tränkestoßen	0,35	1,74	1,39	0,018	n.s.	n.s.	n.s.
Trinken	4,17	3,13	8,33	0,026	n.s.	n.s.	n.s.
Wühlen	5,56	7,64	12,15	0,033	n.s.	n.s.	n.s.

Weste Pietrain

Tabelle 13: Gesamtdauer von Verhaltensweisen (in Sekunden) im 21-minütigen Beobachtungsintervall bei Schweinen der Rasse Pietrain.

$p \leq 0,05$ (*), $p \leq 0,01$ (**), $p \leq 0,001$ (***)

	ohneWeste	mit Weste	SE	p
Ausbruchsversuch	0,000	0,024	0,026	n.s.
Ballspielen	0,667	0,331	0,264	n.s.
Erschrecken	0,201	0,020	0,093	n.s.
Exzitation	0,065	0,019	0,035	n.s.
Fressen	9,722	15,126	3,512	n.s.
Gehen	9,136	4,309	1,014	***
Gitterbeißen	1,423	0,183	0,275	***
Harnen	0,123	0,034	0,052	n.s.
Hören	42,028	36,569	6,733	n.s.
In Trog steigen	0,515	0,015	0,151	**
Kopfschütteln	1,077	0,731	0,270	n.s.
Koten	0,207	0,212	0,087	n.s.
Krampf	0,031	0,000	0,020	n.s.
Kratzen	3,167	0,016	0,751	***
Liegen	254,818	303,835	23,473	n.s.
Rennen	0,398	0,157	0,140	n.s.
Schnüffeln	17,509	7,956	2,838	n.s.
Sitzen	11,571	14,807	4,585	n.s.
Tränkestoßen	3,852	0,491	1,405	n.s.
Tränkewühlen	1,528	0,333	1,062	n.s.
Trinken	7,191	2,048	1,017	***
Trogsteigen	1,827	0,449	0,432	*
Wandspringen	0,000	0,164	0,246	n.s.
Wandstossen	15,099	1,481	2,016	***
Wühlen	41,111	24,183	6,033	*

Tabelle 14: Anzahl Wiederholungen von Verhaltensweisen im 21-minütigen Beobachtungsintervall bei Schweinen der Rasse Pietrain:

$p \leq 0,05$ (*), $p \leq 0,01$ (**), $p \leq 0,001$ (***)

	ohne Weste	mit Weste	SE	p
Ausbruchsversuch	0	0,004	0,004	n.s.
Ballspielen	0,015	0,019	0,009	n.s.
Erschrecken	0,028	0,006	0,009	n.s.
Exzitatorisch	0,025	0,007	0,013	n.s.
Fressen	0,417	0,159	0,082	*
Gehen	2,512	1,242	0,256	***
Gittereissen	0,099	0,013	0,017	***
Harnen	0,012	0,004	0,005	n.s.
Hören	2,954	1,959	0,368	*
In Trog steigen	0,074	0,004	0,018	**
Tränkestoßen	0,139	0,028	0,041	*
Trinken	0,519	0,191	0,062	***
Trogsteigen	0,093	0,019	0,016	***
Trogwühlen	0,046	0,001	0,028	n.s.
Wandspringen	0,000	0,006	0,010	n.s.
Wandstoßen	0,802	0,086	0,091	***
Wühlen	1,392	0,921	0,202	n.s.

Tabelle 15: Prozentualer Anteil an Schweinen mit einem bestimmten Verhalten im 21-minütigen Beobachtungsintervall bei der Rasse Pietrain (Angaben in %)

$p \leq 0,05$ (*), $p \leq 0,01$ (**), $p \leq 0,001$ (***)

	ohne Weste	mit Weste	SE	p
Ausbruchsversuch	0,00	0,26	0,003	***
Ballspielen	0,90	1,32	0,005	**
Erschrecken	1,50	0,60	0,005	*
Exzitatorisch	0,90	0,53	0,005	**
Fressen	9,30	6,22	0,015	n.s.
Gehen	23,50	17,00	0,021	n.s.
Gitterbeißen	6,20	1,32	0,009	n.s.
Harnen	1,20	0,40	0,005	*
Hören	25,60	18,72	0,022	n.s.
In Trog steigen	4,00	0,13	0,007	n.s.
Koten	1,50	2,31	0,007	**
Kopfschütteln	15,70	10,78	0,018	n.s.
Krampfen	0,30	0,00	0,002	**
Kratzen	12,00	0,26	0,011	n.s.
Liegen	29,90	31,35	0,023	*
Rennen	2,80	2,65	0,009	***

	ohne Weste	mit Weste	SE	p
Schnüffeln	17,90	9,66	0,018	n.s.
Sitzen	17,00	9,79	0,018	n.s.
Tränkestoßen	5,90	2,31	0,010	n.s.
Trinken	17,30	9,33	0,018	n.s.
In Trog steigen	21,60	3,63	0,039	n.s.
Trogwühlen	0,60	0,13	0,003	**
Wandspringen	0,00	0,66	0,010	**
Wandspringen	0,00	0,26	0,009	***
Wandstoßen	17,30	4,76	0,016	n.s.
Wühlen	21,90	14,88	0,020	n.s.

Weste Miniaturschwein

Tabelle 16: Gesamtdauer von Verhaltensweisen (in Sekunden) im 21-minütigen Beobachtungsintervall bei Schweinen der Rasse Miniaturschwein:

p ≤ 0,05 (*), p ≤ 0,01 (**), p ≤ 0,001 (***)

	ohne Weste	mit Weste	SE	p
Ballspielen	0,317	0,074	0,653	n.s.
Exzitation	0,025	0,074	0,121	n.s.
Fressen	26,898	2,502	4,163	***
Gehen	4,873	2,058	1,206	n.s.
Harnen	0,444	0,000	0,000	***
Hören	17,787	5,697	3,812	*
Kopfschütteln	0,236	0,604	0,087	***
Koten	0,023	0,000	0,049	n.s.
Kratzen	0,782	0,442	0,128	n.s.
Liegen	321,273	368,815	48,160	n.s.
Rennen	0,058	0,218	0,088	n.s.
Schnüffeln	10,421	11,572	3,199	n.s.
Sitzen	24,569	8,218	6,945	n.s.
Tränkestossen	0,773	0,056	0,972	n.s.
Trinken	1,431	0,329	0,514	n.s.
Wandstossen	0,741	0,030	0,693	n.s.
Wühlen	9,370	17,813	5,364	n.s.

Tabelle 17: Anzahl Wiederholungen von Verhaltensweisen im 21-minütigen Beobachtungsintervall bei Schweinen der Rasse Miniaturschwein.

p ≤ 0,05 (*), p ≤ 0,01 (**), p ≤ 0,001 (***)

	ohne Weste	mit Weste	SE	p
Ballspielen	0,012	0,019	0,016	n.s.
Exzitatorisch	0,007	0,012	0,022	n.s.
Fressen	0,581	0,093	0,096	***
Gehen	0,975	0,493	0,244	n.s.
Harnen	0,019	0,000	0,000	***
Hören	1,505	0,618	0,306	*
Kopfschütteln	0,178	0,331	0,071	n.s.
Koten	0,002	0,000	0,005	n.s.
Kratzen	0,127	0,095	0,032	n.s.
Liegen	0,616	0,669	0,107	n.s.
Rennen	0,046	0,051	0,019	n.s.
Schnüffeln	0,525	0,347	0,134	n.s.
Sitzen	0,525	0,188	0,113	*
Tränkestoßen	0,063	0,012	0,065	n.s.
Trinken	0,130	0,037	0,037	n.s.
Wandstoßen	0,079	0,007	0,048	n.s.
Wühlen	0,262	0,414	0,116	n.s.

Tabelle 18: Prozentualer Anteil an Schweinen mit einem bestimmten Verhalten im 21-minütigen Beobachtungsintervall bei der Rasse Miniaturschwein (Angaben in %).

p ≤ 0,05 (*), p ≤ 0,01 (**), p ≤ 0,001 (***)

	ohne Weste	mit Weste	SE	p
Ballspielen	0,69	1,85	0,009	n.s.
Exzitatorisch	0,23	0,69	0,010	n.s.
Fressen	10,88	5,32	0,022	n.s.
Gehen	16,20	8,10	0,033	n.s.
Harnen	1,85	0,00	0,000	***
Hören	18,98	10,19	0,032	*
Koten	0,23	0,00	0,005	n.s.
Kopfschütteln	10,88	8,56	0,025	n.s.
Kratzen	7,18	5,79	0,014	n.s.
Liegen	31,25	33,10	0,042	n.s.
Rennen	4,40	2,78	0,013	n.s.
Schnüffeln	10,65	6,25	0,027	n.s.
Sitzen	17,82	9,26	0,031	*

	ohne Weste	mit Weste	SE	p
Tränkstoßen	1,85	0,46	0,015	n.s.
Trinken	7,18	3,24	0,022	n.s.
Wandstoßen	4,17	0,69	0,017	n.s.
Wühlen	8,56	8,33	0,027	n.s.

Einfluss der Weste auf die Verhaltensparameter

Die Weste zeigte signifikante Effekte auf die Anzahl und Dauer zahlreicher Verhaltensweisen sowie die Anzahl von Tieren mit den jeweiligen Verhaltensweisen (Tabellen 13-18). Schweine der Rasse Pietrain zeigten mit Weste eine Reduktion der Gesamtdauer in den Verhaltensweisen „Wühlen“, „Gehen“, „Schnüffeln“, „Kratzen“, „In den Trog steigen“, „An die Wand stoßen“, „Ins Gitter beißen“ und „Trinken“. Gleichzeitig wurden die genannten Verhaltensweisen sowie „Hören“, „Tränkestoßen“ und „Fressen“ in der Häufigkeit signifikant reduziert. Signifikant weniger Schweine zeigten „Rennen“, „Trogwühlen“, „Harnen“, „Exzitation“, „Erschrecken“ und „Krampfen“. Zugleich traten mehr Tiere mit den Verhaltensweisen „Liegen“, „Ballspielen“, „Koten“, „Ausbruchsversuch“ und „Wandspringen“ auf.

Die Auswirkungen der Weste auf das Verhalten der Miniaturschweine waren deutlich geringer ausgeprägt. Die Dauer des Kopfschüttelns war signifikant erhöht. Alle anderen Abweichungen waren mit Weste signifikant reduziert: Die Dauer der Verhaltensweisen „Fressen“, „Harnen“, „Hören“, die Anzahl an Wiederholungen der Verhalten „Hören“, „Harnen“, „Fressen“ und „Sitzen“ sowie der Anteil an Tieren mit den Verhaltensweisen „Harnen“ und „Sitzen“.

Tabelle 19: Reduktion der Verhaltensfrequenz durch die Weste bei den unterschiedlichen Musikstilen einschließlich Kontrolle und der beiden Rassen (Angaben in %).

$p \leq 0,05$ (*), $p \leq 0,01$ (**), $p \leq 0,001$ (***)

	Verhalten			p		
	HM	KL	KO	HM:KL	HM:KO	KL:KO
MI	68,1	41,5	33,9	**	n.s.	n.s.
PI	46,4	69,4	83,0	***	***	n.s.

Bei dem Vergleich der Verhaltensparameter von Versuchsschweinen mit und ohne Weste ergaben sich signifikante Unterschiede: Die Minischweine zeigten unter Kontrollbedingungen mit Weste einen Verhaltensrückgang auf 34 %. Durch die Beschallung mit Heavy Metal wurde die Reduktion auf 68,1 % gesteigert, im Vergleich von Heavy Metal mit der Klassik im signifikanten Unterschied. Bei den Schweinen der Rasse Pietrain zeigte sich während der Kontrolle eine Verringerung der Verhaltensfrequenz auf 83%. Im Gegensatz zu den Miniaurschweinen nahm die Verhaltensfrequenz unter Heavy Metal zu: Es ergab sich ein Rückgang des Verhaltens auf 46,4%. Heavy Metal unterschied sich sowohl zur Klassik als auch zur Kontrolle hoch signifikant.

4.2.2 Herz-Kreislauf-Parameter und Atmung

4.2.2.1 Herz-Kreislauf-Parameter ohne Musikbeschallung

Die mittels JET-Telemetrie-Weste erfassten Atem- und Herzfrequenzen waren innerhalb der Rassen scharf begrenzt, lagen jedoch deutlich über dem physiologischen Bereich unbelasteter Schweine. Beide Rassen unterschieden sich signifikant in der Herzfrequenz. Die EKG-Parameter lagen im Normbereich. Signifikante Unterschiede zwischen den Rassen waren nur für das PR-Intervall nachweisbar.

Tabelle 20: Mittelwerte und Standardabweichungen der Atem- (BPM) und Herzfrequenz (HR) sowie verschiedener EKG-Parameter bei Miniaurschweinen (MI) und Pietrain (PI) ohne Musikbeschallung. $p \leq 0,05$ (*), $p \leq 0,01$ (**), $p \leq 0,001$ (***)

	Mittelwert		Standardfehler		p
	MI	PI	MI	PI	
BPM	36,0	34,6	2,9	2,3	n.s.
HR	145,3	129,2	5,1	4,0	*
RR	426,4	474,7	19,8	15,7	n.s.
QT	224,2	230,7	7,9	6,2	n.s.
QRS	40,8	39,1	1,8	1,5	n.s.
PR	89,5	97,7	1,6	1,3	***

4.2.2.2 Einfluss der Musikstile auf Herz-Kreislauf-Parameter und Atmung

Tabelle 21: Mittelwerte und Standardabweichungen der Atem- (BPM) und Herzfrequenz (HR) sowie verschiedener EKG-Parameter bei Miniaturschweinen (MI) und Pietrain (PI) mit Musikbeschallung. $p \leq 0,05$ (*), $p \leq 0,01$ (**), $p \leq 0,001$ (***)

	MI				PI				Signifikanzen	
	HM	KL	KO	SE	HM	KL	KO	SE	Rasse	Musik
BPM	42,4	35,9	36,0	2,5	38,6	33,7	34,6	2,0	n.s.	*
HR	144,6	146,8	145,3	4,9	130,1	131,7	129,2	3,9	***	n.s.
RR	428,3	419,1	426,4	18,9	468,7	465,4	474,7	15,0	***	n.s.
QT	227,1	220,4	224,2	7,2	231,4	231,9	230,7	5,7	n.s.	n.s.
QRS	38,8	39,2	40,8	1,9	39,1	37,9	39,0	1,5	n.s.	n.s.
PR	89,2	88,3	89,5	1,7	96,3	97,4	97,7	1,3	***	n.s.

Die ohne Musikbeschallung zwischen den untersuchten Rassen gezeigten Unterschiede wurden auch nach Einbeziehung der unterschiedlichen Musikstile bestätigt und weiter vertieft. Ein Einfluss der Musikstile auf die Herz-Kreislauf-Parameter bestand weder Rasse-übergreifend, noch innerhalb einer der Rassen. Allerdings wurde die Atemfrequenz durch HM signifikant gesteigert: Um 11,5% bei Pietrain und um 17,8% bei Miniaturschweinen. Atemfrequenzen der Kontrollen und der mit Klassik beschallten Einheiten zeigten keine Unterschiede.

4.2.3 Kortisolwerte

Die Kortisolwerte unterlagen einer großen Streuung. Deshalb wurde auf eine detaillierte Auswertung von Untergruppen verzichtet. Die Kortisolwerte der Rassen unterschieden sich hochsignifikant ($p < 0.001$). Ein signifikanter Einfluss der Musikstile konnte nicht nachgewiesen werden. Die Mittelwerte der Kortisolwerte betrugen bei den Miniaturschweinen $88,02 \pm 4,78$ nMol/l, bei den Pietrain $44,93 \pm 4,78$ nMol/l. Die Mittelwerte der Musikstile waren $73,1 \pm 5,5$ nMol/l (Kontrolle), $72,5 \pm 3,9$ nMol/l (Klassik) und $75,4 \pm 5,3$ nMol/l (Heavy Metal).

5 Diskussion

Musikwirkung auf Schweine

In der Humanmedizin liegt ein großes Kollektiv an Arbeiten vor, welche sich mit Effekten von Musik auf den menschlichen Körper beschäftigen. Eine Vielzahl dieser Arbeiten setzt sich mit der Beeinflussung des Herz-Kreislauf-Systems auseinander (Argstatter et al. 2006, Khalfa et al. 2008, Bernardi et al. 2009, Nakahara et al. 2009, Chan et al. 2009). Durch diese Arbeiten wurde eine signifikante Beeinflussung von Herzfrequenz, Atemfrequenz, des diastolischen und systolischen Blutdrucks durch Musik nachgewiesen. Ein weiteres, mittlerweile gut erforschtes Themengebiet befasst sich mit der zerebralen Verarbeitung von Musik und der Auswirkung auf die Psyche des Menschen (Bailey 1986, Kolesch 2005, 2008, Zatorre 2005, Nilsson 2008, Nguyen et al. 2010, Bernatzky et al. 2011, Goertz 2011). Es zeigten sich eindeutig signifikante Beeinflussungen des STAI-Index (Stait-Trait-Angstinventar), von Schmerz-Scores, der „human welfare“ und des GDS (Geriatric Depression Scale).

In der aktuellen Literatur gibt es nur wenige Arbeiten, die sich mit der Auswirkung von Musik auf das Tier beschäftigen. Lemmer (2008), Akiyama und Sutoo (2004) und Nakamura et al. (2007) befassten sich mit der Auswirkung auf das Herz-Kreislauf-System von Ratten. Durch diese Studien wurde anhand verschiedener klassischer Komponisten ein signifikanter Einfluss auf den Blutdruck nachgewiesen. Beeinflusst wurden hier nur hypertensive Ratten. Videan et al. (2007) und Sills (2007) beobachteten, welchen Musikstil Vögel und Chimpansen den Vorrang geben.

All diese Arbeiten zeigen auf, dass auch Tiere durch Musik beeinflusst werden. Ziel unserer Arbeit war es, Effekte von Musik auf Verhalten und das Herz-Kreislauf-System, unabhängig von der menschlichen Psyche, am Tiermodell zu untersuchen. Als Modelltier haben wir das Schwein ausgewählt. Die Ergebnisse können grundsätzlich als aussagekräftiger im Hinblick auf den Menschen angesehen werden als Ergebnisse, die an Nagern oder Mäuse gewonnen wurden (Koolhaas et al. 1995, 1999).

Vergleichbare Studien am Schwein liegen unseres Wissens nach bislang nicht vor.

Die Ergebnisse unserer Arbeit zeigen signifikante Effekte von Musik auf das Verhalten und die Atemfrequenz von Schweinen. Dabei zeigten sich Unterschiede zwischen den einzelnen Musikstilen und zwischen den untersuchten Schweinerassen. Auch beim Menschen sind unterschiedliche Reaktionen auf verschiedene Musikstile bekannt (Trappe 2012). Nicht jede Musik ist für jeden Menschen gleich angenehm. Vielmehr ist die Empfindung und Wertung von Musik, abhängig vom Lebensalter, religiöser, kultureller und gesellschaftlicher Prägung, verschieden. Selbst Einflüsse der Jahreszeit und des Wetters wurden beschrieben (Trappe 2012). Fünf Prozent aller Menschen gelten als unmusikalisch, sie werden von Musik weder berührt noch beeinflusst (Trappe 2009). Im Vergleich neutraler mit präferierter Musik zeigten zwei unabhängige Studien eine vermehrte Aktivität in verschiedenen Bereichen des frontalen und präfrontalen Kortex in der Gruppe mit selbst ausgesuchter Musik (Kornysheva et al., 2010, Osuch et al. 2009).

Es bleibt zukünftigen Studien vorbehalten, abzuklären, inwieweit es einen Zusammenhang zwischen unterschiedlichen Musikempfindungen beim Menschen gibt und wie die in der vorliegenden Arbeit aufgetretene Interaktion zwischen Musikstilen und verschiedenen Schweinerassen definitiv zu bewerten ist. Außerdem bleibt zunächst unklar, ob sich die gezeigten unterschiedlichen Musikwirkungen auf die verwendeten Rassen oder lediglich auf die zufällig ausgewählten Populationen und Einzeltiere dieser Rassen beziehen.

Rassenunterschiede

Schweine der Rassen Pietrain und Miniaturschwein zeigten diametral unterschiedliche Verhaltensreaktionen im Hinblick auf die eingesetzten, unterschiedlichen Musikstile. Deutsches Edelschwein und Pietrain waren vergleichbar. Zwischen der dem Deutschen Edelschwein und Pietrain lassen sich über englische Large White (Yorkshire) auch entwicklungsgeschichtliche Verbindungen erkennen (Dettweiler 1924). Die Miniaturschweine als Produkt europäischer Wild- und asiatischer Hängebauchschweine setzen sich dem gegenüber doch deutlich ab (Striowsky 2012). Deutsches Edelschwein und in noch weit höherem Maße Pietrain entstanden in Folge einer extremen Selektion von Landschweintypen auf Fleischleistung. Miniaturschweine werden hingegen insbesondere als Hobbytiere und in der medizinischen Forschung eingesetzt (Schwindle 2007); sie wachsen langsam, bleiben klein, neigen zur Verfettung und verfügen nur über einen geringen Fleischansatz. Aufgrund der starken Bemuskelung der Pietrain, treten bei dieser Rasse konstitutionelle Mängel auf, die

mit Stressanfälligkeit und Vitalitätseinbußen einhergehen (Brenig und Brem 1992). Deutsches Edelschwein und Miniaturschweine hingegen können als uneingeschränkt stressstabil und vital gelten (Striowsky 2012).

Verhalten unter Musik

Die einzige Tierstudie, die das Verhalten von Tieren im Zusammenhang mit direkter Musikwirkung untersuchte, war die Arbeit von Videan et al. (2007). Die Autoren zeigten bei Affen eine Verhaltensbeeinflussung durch Musik. Die Affen wurden durch klassische Musik kontaktfreudiger und mittels vokaler Musik zeigte sich eine signifikante Reduktion aggressiver Verhaltensweisen. Sie schlussfolgerten, dass Musik zu erhöhtem Wohlbefinden und Zufriedenheit führen kann. Studien zur Wirkung von Musik auf Milchleistung und Melkverhalten (Jacobsen 1996, Uetake et al. 1997) sowie das Verhalten von Saugferkeln (DeJonge et al. 2008) lassen keine Beurteilung von Musikwirkung, die über den Aspekt der Konditionierung hinausgeht, zu.

Die vorliegende Untersuchung am Schwein führte im Vergleich zu Videan et al. (2007) zu weniger eindeutigen Ergebnissen. Die Auswertung der Daten ergab für beide Musikstile grundsätzlich eine Aktivitätssteigerung, die insbesondere unter Heavy Metal in Stressverhalten und Angst umschlug.

Ein Problem bei der Bewertung der von uns erhobenen Verhaltensparameter stellte sich durch die Interaktion zwischen Rasse und Musikstil dar. Während die Pietrain auf klassische Musik mit einer Aktivitätssteigerung reagierten, die unter HM weiter zunahm, reagierten die Miniaturschweine mit deutlichem Aktivitätsrückgang. Daher wurden beide Rassen getrennt voneinander analysiert und bewertet.

Die Pietrain-Schweine zeigten unter HM eindeutige Anzeichen von Angst und Stress. Ebenso verhielt es sich mit den Schweinen der Rasse Deutsches Edelschwein. Beide emotionalen Zustände sind nach Schlenker (1994) eng miteinander verbunden. Nach Meyer (2003) bedingt eine Situation, in der ein Tier Angst erfährt, eine intensive Steigerung des Verhaltens mit dem Ziel, der belastenden Situation zu entkommen. Findet das entsprechende Individuum keine geeignete Strategie, der Gefahrensituation zu entkommen, geht die Angst mit Erregungsbereitschaft bis hin zur Flucht einher („fight and flight“)(Dantzer und Morméde 1981, Friend 1991). Angst ist emotional auch eng mit Stress verbunden. Sie entsteht bei Tieren in Situationen der Unvorhersehbarkeit (Schlenker 1994, Tembrock 2000). Für die

Schweine der vorliegenden Untersuchung war das Erklingen des ersten Tons unvorhersehbar. Für die Tiere war nicht absehbar, was sie als nächstes erwartete. Eine Situation die nach Schlenker (1994) und Tembrock (2000) zwingend zum Entstehen von Angst führe muss. In dieser Situation reagierten die Pietrain mit einer Steigerung der Verhaltensweisen „Rennen“, „Wandspringen“ und „Wandstoßen“ „Ausbruchsversuch“ und „Gitterbeißen“, durchweg Verhaltensweisen aus dem Bereich des „fight and flight“ (Dantzer und Morméde 1981). Für Wildschweine in Gatterhaltung ist beschrieben, dass die Tiere unter Stress und scheinbar auswegsloser Situation ebenfalls mit „Gitterbeißen“ und „Wandspringen“ reagierten (Erler 2010).

„Gitterbeißen“ kann auch als Verhaltensstörung im Zusammenhang mit ungenügendem Bewegungsspielraum von Schweinen beobachtet werden (Grauvogl et al. 1997). Genau wie „Rennen“ muss auch „Gitterbeißen“ als Angst- und Stressantwort verstanden werden (Grauvogl, 1974; Henning, 2007). Hier besteht auch ein kontinuierlicher Übergang zwischen Unruhe, gesteigerter Aktivität und aggressivem Verhalten (Buchenauer 1998). Auch der von den Schweinen unter Heavy Metal gezeigte häufige Wechsel zwischen den Verhaltensweisen „Gehen“, „Rennen“, „Wühlen“, „Hören“ und „Kopfschütteln“, der sich in der erhöhten Anzahl an Wiederholungen dieser Verhaltensweisen zeigte, muss nach Grauvogl (1974) als eindeutiges Zeichen für den Stresszustand der Tiere gewertet werden. Auch das unter Heavy Metal gesteigerte Kotabsatzverhalten unterstreicht den Stresszustand der Tiere in dieser Phase (Grauvogl, 1977). Unter HM nahm auch „Sitzen“ als Verhaltensäußerung zu, nach von Zerboni und Grauvogl (1984) eine weitere Verhaltensstörung.

Schweine ruhen im Liegen. Entspannte Schweine liegen in Seitenlage, meist mit geschlossenen Augen (Grauvogl 1974). Liegen in Bauchlage, mit eingezogenen Extremitäten, ist als Übergangszustand zwischen noch nicht entspannt und nicht mehr aktiv anzusehen (Sambraus 1991). Entspanntes Liegen wurde während der Untersuchungszeit in vorliegendem Versuch praktisch nicht beobachtet. Das Alter unserer Versuchstiere betrug 6 bis 8 Wochen.

Die Summe dieser Ergebnisse lässt erkennen, dass die Tiere unter HM sowohl Angst als auch Stress ausgesetzt waren. Ihr Verhalten wich signifikant vom Normverhalten ab. Sinnlose oder sogar destruktive Verhaltensweisen, wie „Wandspringen“, „Gitterbeißen“, „Rennen“ und „Exzitation“ nahmen zu. Hieraus lassen sich eindeutig Rückschlüsse auf das Vorliegen von Unwohlbefinden und Leiden ableiten (van Putten 1977, Lorz 1987, Grauvogl 1997, Dawkins 2006).

Unter klassischer Musik lagen die Verhaltensäußerungen der Pietrain zwischen denen der Kontroll- und der Heavy Metal-Gruppe. Gegenüber der Kontrolle kam es zur Steigerung der Verhaltensaktivitäten „Gehen“, „Hören“ und „Wühlen“, allerdings in weit geringerem Ausmaß als unter Heavy Metal. In der Wiederholungsanzahl der genannten Verhaltensweisen lag die Klassik-Gruppe näher bei der Kontrolle als bei Heavy Metal. Hieraus ergibt sich, dass die einzelnen Verhaltensparameter weniger häufig gewechselt wurden als unter Beschallung mit Heavy Metal. Verhaltensparameter, die insbesondere als Stress- oder Angstantwort aufgefasst werden können traten auch unter klassischer Musik auf („Wandstoßen“, „Rennen“, „Exzitation“); auch in diesem Falle in erheblich geringerem Rahmen als unter HM. Die Verhaltensweisen „Ausbruchsversuch“ und „Wandspringen“ konnten unter Klassik nicht beobachtet werden. „Sitzen“ und „Tränkestoßen“ traten unter Klassik sogar tendenziell weniger in Erscheinung als in der Kontrollgruppe. Hieraus ergibt sich ein erster Anhaltspunkt dafür, dass das durch die Kontrollgruppe repräsentierte Verhalten durch klassische Musik sogar einen positiven Aspekt erhalten könnte. Zusammenfassend führt auch klassische Musik zur Aktivitätssteigerung, jedoch in signifikant geringerem Maße als Heavy Metal. Auch Stressverhalten tritt unter Klassik zwar in manchen Merkmalen tendenziell erhöht, dennoch nicht signifikant verschieden, von der Kontrollgruppe auf. Die Ausprägung der Stressverhalten unterscheidet sich aber signifikant von denjenigen unter Heavy Metal.

Die Verhaltensmuster der Pietrain-Schweine entsprechen bezüglich der Musikstile weitgehend dem der Deutschen Edelschweine. Somit werden die Ergebnisse des Vorversuchs bestätigt. Dennoch zeigten sich Unterschiede zwischen beiden Rassen, beispielsweise bei der Einteilung der einzelnen Verhaltensweisen mittels Faktorenanalyse. Beim Deutschen Edelschwein decken sich die Parameter des „stress assoziiert“ Faktors 1 und des mit Unruhe assoziierten Faktors 2 mit den in der Literatur beschriebenen Verhaltensreaktionen auf Angst und Stress (Grauvogl 1974, Grauvogl 1977, von Zerboni und Grauvogl 1984, Dantzer und Morméde 1981, Friend 1991, Henning 2007, Erler 2010). Die Ausprägung beider Faktoren zeigte sich insbesondere unter Heavy Metal. Die Faktoren 3 und 4 sind aufgrund der assoziierten Merkmale und deren Bewertung in der Literatur als eher günstige, aktivitäts-assozierte Verhaltensparameter einzustufen. Sie können zum Teil auch als Hinweis auf Wohlbefinden angesehen werden (z.B. „Spielen“, „Wühlen“)(van Putten 1978, Blackshaw 1997). Im Gegensatz zu den Faktoren 1 und 2 sind die Faktoren 3 und 4, insbesondere mit klassischer Musik, positiv assoziiert. Unter Heavy Metal, aber auch ohne Musikbeschallung, zeigt sich hingegen eine negative Assoziation. Hieraus ergeben sich eindeutige Hinweise auf

eine das Wohlbefinden fördernde Wirkung klassischer Musik beim Schwein. Das Ergebnis der Faktorenanalyse der Pietrain-Schweine stimmte weitgehend mit dem der Deutschen Edelschweine überein. Obwohl bei Betrachtung der Einzelparameter nur in Einzelfällen ein signifikanter Zusammenhang mit den Musikstilen nachweisbar war, machte ihre Zusammenfassung zu Stress- und Aktivitätsparametern die unterschiedlichen Effekte der verschiedenen Musikstile deutlich:

Unter Heavy Metal kam es - im Gegensatz zur Kontrolle und Klassik - sowohl in der Anzahl an Verhaltenswiederholungen, als auch im prozentualen Anteil der beteiligten Schweine, zu einer signifikanten Steigerung der (in Übereinstimmung mit der Literatur) im Aktivitäts- und Stressverhalten zusammengefassten Verhaltensmerkmale (Grauvogl 1974, Grauvogl 1977, von Zerboni und Grauvogl 1984, Dantzer und Morméde, 1981, Friend 1991, Henning 2007, Erler 2010).

Im Gegensatz zu den beiden europäischen Rassen zeigen die Miniaturschweine eine komplett divergente Verhaltensreaktion. Sie zeigten unter Musikbeschallung Anzeichen von Angst und Stress. Im Gegensatz zu den Pietrain äußerte sich dieses bei ihnen allerdings durch eine verminderte Verhaltensaktivität. Die Miniaturschweine reagierten im Vergleich mit Pietrain unter der Wirkung von Musik mit einer massiven Umstellung ihres Verhaltensrepertoires unter Betonung passiver Verhaltensaspekte. Dieses Ergebnis deckt sich mit der Arbeit von Morméde et al. (1994) an chinesischen Meishan-Schweinen. Schweine dieser Rasse zeigten während eines open-field Tests, mit dem die Reaktion auf unvorhersehbare, Angst- und Stress beladene Situationen getestet wird, mit einem Aktivitätsrückgang ihres Verhaltens. Ob die grundsätzlich ähnlichen Verhaltensweisen der Meishan und Miniaturschweine mit ihrem hohen asiatischen Genanteil auf Letzteren zurückzuführen ist oder nicht, bleibt ungeklärt. Situationen mit unausweichlichem Stress können bei Tieren eine gewisse „Hilflosigkeit“ hervorrufen. Die Tiere stellen die Suche nach geeigneten Verhaltensweisen, auf ihre Umwelt zu reagieren, ein. Stattdessen zeigen sie eine Reduktion des Gesamtverhaltens, bis hin zur Apathie (Friend 1991). Ein solches Bild ist bei den Miniaturschweinen der vorliegenden Arbeit deutlich unter Musik zu erkennen, tendenziell stärker ausgeprägt unter Heavy Metal. Im Gegensatz zu den Pietrain konnte der aus Stressverhalten zusammengesetzte Faktor bei den Miniaturschweinen nicht untersucht werden, weil einige wichtige, Trog-assoziierte Verhaltensweisen, von den Miniaturschweinen allein aufgrund ihrer Größe nicht gezeigt werden konnten.

Kortisol

Bestimmungen des Kortisol-Spiegels werden in klinischen und tierexperimentellen Studien seit langem zur Beurteilung von Stressreaktionen herangezogen. Eine häufig angewandte Methode ist die Blutentnahme aus der V. jugularis unter Fixation der Schweine mittels Oberkieferschlinge (Hambrecht et al. 2005, Jarvis et al. 2006, Merlot et al. 2011). Trotz Beeinträchtigung der Kortisolwerte durch Fixation und Blutentnahme wird diese Methode in zahlreichen Arbeiten angewandt, weil diese Beeinflussung mit einer zeitlichen Verzögerung auftritt (Merlot et al. 2011). In der vorliegenden Arbeit erwies sich diese Vorgehensweise allerdings nicht als zielführend. Bei ausgeprägter Streuung der Einzelwerte konnten keine Unterschiede zwischen den Versuchsgruppen festgestellt werden. Für Folgeuntersuchungen muss die Probenentnahme zur Kortisolwertbestimmung modifiziert werden, z.B. durch die Verwendung von Speichel (Merlot et al. 2011).

Musikwirkung auf das Herz-Kreislauf-System

Die Arbeiten von Koelsch (2005, 2009, 2010) beschreiben die Umwandlung eines akustischen Signals in einen neuronalen Impuls. Dieser gelangt vom auditorischen Hirnstamm an den Thalamus. Von dort wird er weiter an den auditorischen und orbitofrontalen Kortex gesendet und gelangt am Ende an den Amygdala. Zusätzlich werden D₂-Rezeptoren durch Musik stimuliert, die im weiteren zu einer erhöhten Dopamin Ausschüttung führen (Osuch et al. 2009). Die Dopaminerhöhung äußert sich unter anderem in einer Vasokonstriktion mit einhergehender Blutdruckerhöhung. Die D₂-Rezeptor Stimulierung konnte auch am Tiermodell (bei der Ratte) bestätigt werden (Akiyama und Suotoo 2010). Damit kann auf das Vorliegen ähnlicher oder gar gleicher Interaktionen von Musik mit zerebralen Strukturen beim Tier geschlossen werden.

In der Humanmedizin liegen verschiedene Arbeiten vor, die sich mit Effekten von Musik auf das Herz-Kreislauf-System auseinander gesetzt haben (Bernardi et al. 2009; Nakahara et al. 2009, Khalfa et al. 2008, Chan et al. 2009, Argstatter et al. 2006). Aus den Ergebnissen dieser Studien ergeben sich eindeutige, signifikante Einflüsse auf Herzfrequenz, Atemfrequenz sowie den systolischen und diastolischen Blutdruck.

Tierexperimentelle Studien zu Musikeinflüssen auf das Herz-Kreislauf-System sind in der Forschung nur vereinzelt durchgeführt worden (Hinds et al. 2007, Lemmer 2008, Akiyama und Suto 2010). Dabei zeigte sich eine signifikante Erniedrigung der Herzfrequenz und eine Zunahme des systolischen Blutdrucks unter Klassik. In einer von Hinds und Mitarbeitern 2007 veröffentlichten Untersuchung zeigte sich unter Beschallung mit Harfenmusik (an neun Affen) keine Beeinflussung von Blutdruck, Herzfrequenz, Atemfrequenz und Temperatur. Die Autoren folgern aus ihren Beobachtungen, dass die untersuchte afrikanische Affenspezies (Grüne Meerkatze) durch ihre generell ruhige Art keine geeignete Versuchsspezies war. Sie empfehlen weitere Studien mit anderen Tierkollektiven.

In der vorliegenden Studie wurden verschiedene Herz-Kreislauf-Parameter (EKG, Herzfrequenz, RR-Intervalle, QRS-Komplexe, PR-Intervalle, QT-Zeit) und die Atemfrequenzen gemessen und analysiert. Hierbei zeigte sich lediglich die Atmung signifikant vom Musikstil beeinflusst. Obgleich sich bei den anderen Parametern einige interessante Trends, insbesondere unter der Beschallung mit klassischer Musik, zeigten, konnten wegweisende Ergebnisse anderer Untersuchungen (Bernardi et al. 2009, Nakahara et al. 2009, Khalfa et al. 2008, Chan et al. 2009, Argstatter et al. 2006) nicht für das Schweinemodell bestätigt werden.

JET-Telemetry-System

Zur Erhebung der Herz-Kreislauf Parameter wurde das JET-Telemetry-System der Firma DSI (St. Paul, MN, USA) verwendet. Den Schweinen wurden eine Unter- und eine Überziehweste angezogen, an die die Tiere während einer dreiwöchigen Phase vor Beginn der Aufzeichnungen gewöhnt wurden. Die Erfahrungen mit dem JET-Telemetry-System muss kritisch diskutiert werden, da es durch diese Technik zu einer hochsignifikanten Beeinflussung der Schweine und damit der Ergebnisse kam. Lemmer benutzte 2008 ein Telemetry-System der Firma DSI, jedoch verwendete er einen implantierbaren Transducer, um die Tiere so wenig wie möglich in ihrem Normverhalten einzuschränken. Auch Paletto und Mitarbeiter benutzten 2011 ein Telemetry-System der Firma DSI, ebenso wie Hinds und Mitarbeiter 2007. Der Transducer wurde auch in diesem Falle implantiert. Insofern sind die von uns erhobenen Daten mittels JET-Telemetry-Systems nicht mit denen aus der derzeitigen Literatur vergleichbar.

Wir konnten eindeutig nachweisen, dass das System der Westen für Untersuchungen am Schwein nicht geeignet ist. Die Begründung liegt in der Enge der Westen, im Fixationscharakter sowie in der Größe und im Gewicht des Transducers. Hierdurch wird das Verhalten der aufgrund des Erdrückungsreflexes ohnehin empfindlichen Tiere stark beeinflusst (Wechsler et al. 1997, Thodberg et al. 2002). Die Ferkel zeigten nach Anlegen der Weste teilweise über einen längeren Zeitraum hinweg keinerlei Aktivität. Die Pietrain entwickelten, auch ohne Musikbeschallung, mit Weste einen Verhaltensrückgang auf 83 % der Werte ohne Weste. Unter Klassik ging die Aktivität auf 69 %, unter Heavy Metal sogar auf 46 % zurück. Die Interaktion zwischen Weste und Musik war signifikant. Die Miniaturschweine litten gleichzeitig unter Größe und Gewicht des Transducers. Die Pietrain-Schweine reagierten bereits nach bloßem Anlegen der Weste mit Angst- und Stressverhalten („Rennen“, „Wandspringen“). Es ist denkbar, dass potentiell signifikante Effekte der Musikstile auf das Verhalten und die Herz-Kreislauf Parameter der Tiere, aufgrund des signifikanten Westeneinflusses nicht mehr aufgelöst werden konnten. Wertvolle Details an Verhaltensinformationen dürften hierdurch verloren gegangen sein. Der ausgeprägt negative Einfluss der Weste auf das Befinden und die Verhaltensaktivitäten der Schweine wurde zusätzlich verstärkt, weil der Effekt der Weste unter den unterschiedlichen Musikstilen verschieden stark zum Ausdruck kam. Dieser Zusammenhang offenbarte sich mit einer signifikanten Interaktion zwischen den Effekten Weste, Musikstil und Rasse. Der bereits ohne Beschallung bestehende, dämpfende Einfluss der Weste auf das Verhalten der Pietrain-Schweine wurde unter dem zusätzlichen Einfluss der Klassik, insbesondere aber unter Heavy Metal zunächst noch verstärkt: Die Schweine reagierten in zunehmendem Maße mit „Freezing“ (Dantzer und Mormedé, 1983, Friend, 1991). Dieser Effekt verlief bei den Miniaturschweinen in umgekehrter Richtung. Zusammengefasst scheinen die Effekte der Weste und der Musik, unterschiedliche Aspekte von Angst- und Stressverhalten hervorgerufen zu haben, die sich dabei gegenseitig überlagerten, noch dazu unterschiedlich bei den beiden Schweinerassen. Bei der Rasse Pietrain wird durch das Auslösen von Angst und Stress, das Verhalten von der Kontrolle bis hin zu Heavy Metal gesteigert, während das Verhalten der Miniaturschweine unter Beschallung durch Passivität gekennzeichnet ist.

Wohlbefinden wird als Zustand physischer und psychischer Harmonie mit sich und der Umwelt sowie als das Fehlen von Schmerzen, Leiden und Schäden verstanden; außerdem mit dem Vorhandensein von Gesundheit und normalem Verhalten (Lorz 1987). Weicht das Verhalten eines Tieres erheblich von seinem Normverhalten ab, können Verhaltensstörungen

entstehen. Das Tier vollzieht Strategien, die sinnlos oder sogar destruktiv erscheinen (Grauvogl 1997). In der vorliegenden Studie waren stets mehr oder weniger deutliche Abweichungen vom Normalverhalten zu erkennen: Unmittelbar nach dem Anziehen der Weste versuchten die Schweine, sich dem Stressor durch Flucht und Rennen zu entziehen. Dieses Verhalten wurde bei den Miniaturschweinen während der gesamten Beobachtungszeit gezeigt und verstärkt, während es bei den Pietrain-Schweinen allmählich nachließ. Besonders das „Springen gegen die Wand“ und die gesteigerten Aktivitäten am Buchtengitter, können als Ausbruchsversuch gewertet werden („fight and flight“)(Dantzer und Mormedé, 1983). Zusätzlich trat auch exzitatorisches Verhalten auf. Die insgesamt deutlich gesteigerte Aktivität und der häufige Wechsel zwischen aktiven Verhaltensweisen und Sitzen bzw. Liegen sind als sichere Anzeichen für Stress und Angst zu werten (Grauvogl, 1974).

Da bei Tieren nicht nur Leid durch Schmerzen, sondern auch durch eine übermäßige Einschränkung im Bewegungs- oder Beschäftigungsbedürfnis auftritt (Sambraus 1981) kann in unserer Arbeit ein solcher Leidenszustand der Tiere durch die Weste klar herausgestellt werden.

Zusammenfassend lassen sich einige Anhaltspunkte darstellen, die deutlich darauf hinweisen, warum keine signifikanten Unterschiede der Herz-Kreislauf-Parameter erhoben werden konnten. Die signifikante Beeinflussung der Musik in Bezug auf die Atmung könnte auch aus der erhöhten Aktivität oder dem erhöhten Stresszustand resultieren. Fraglich ist, warum nicht simultan zur Atmung ein Anstieg der Herzfrequenz stattgefunden hat. Diese Frage bleibt offen und muss durch weiterführende Studien, unter Einsatz eines verbesserten, das Normverhalten der Schweine nicht beeinflussenden Systems, abgeklärt werden.

Schlußfolgerungen

In der vorliegenden Studie konnte erstmalig eine Wirkung von Musik auf das Verhalten von Schweinen und gleichzeitig ein Einfluss unterschiedlicher Musikstile gezeigt werden. Auch eine signifikante Beeinflussung der Atmung war nachweisbar. Auswirkungen auf Herz-Kreislauf-Parameter und Serum-Kortisol-Spiegel konnten hingegen nicht festgestellt werden. Bei letzterem Aspekt scheint es sich jedoch um methodische Einflüsse, insbesondere der Weste zu handeln, die in Folgeversuchen korrigiert werden müssten. Die Messung der Herz-

Kreislauf-Parameter mittels eines in einem Westensystem am Tier fixierten JET-Telemetrie-Systems der Firma DSI Int., MS, USA führte zu einer erheblichen Belastung der Schweine, die mit allen gemessenen Parametern erheblich interagierte. Hierdurch kam es zu einer Steigerung der Streuung der Einzelwerte und zu signifikanten Interaktionen mit Rasse und Musikstil, die die Power der statistischen Aussage verringerte. Dieser Effekt konnte während der Untersuchung nicht korrigiert werden. Eine endgültige Beantwortung der Frage nach einer Beeinflussung von Herz-Kreislauf-Parametern durch Musik bleibt damit Folgearbeiten vorbehalten, die auf invasive Systeme ohne störende Einflüsse auf die Versuchstiere, zurückgreifen müssen.

Dennoch eröffnen die dargestellten Ergebnisse, gemeinsam mit einer publizierten Studie an Chimpansen, grundsätzlich neue Zusammenhänge zwischen Musik und Verhalten. Es gelingt ohne Konditionierung der Schweine signifikante Wirkungsunterschiede zwischen klassischer Musik und Heavy Metal herauszuarbeiten und die Auswirkungen auf das Aktivitäts- und Stressverhalten zu belegen. Dabei treten im Zusammenhang mit klassischer Musik Effekte auf die Verhaltensaktivität und das Stressverhalten auf, die teilweise nicht nur günstiger als unter Heavy Metal, sondern sogar günstiger als unter Kontrollbedingungen ausfallen. Damit scheint naheliegend, dass Musik auch bei Nichtprimaten Zugang zur zerebralen Verarbeitung hat, deren Auswirkungen über verändertes Verhaltensrepertoire sichtbar werden.

6 Zusammenfassung

In der vorliegenden Untersuchung wurden die Auswirkungen von verschiedenen Musikstilen auf das Verhalten, das Herz-Kreislauf-System und den Serum-Kortisol Spiegel von Schweinen untersucht.

Vor Aufnahme der Hauptversuche wurden mit Hilfe eines Vorversuchs die optimalen Bedingungen für die Versuchsdurchführung ermittelt. Es galt die Eingewöhnungszeit der Schweine an die Weste des JET-Telemetrie-Systems zu ermitteln sowie die geeignetste Lautstärke der Musik, den Einfluss der Tageszeit und den Effekt wiederholten Musikhörens. Zur Überprüfung der Gewöhnungszeit an die Westen wurden die Tiere über 3 Wochen an diese gewöhnt. Sie bekamen die Weste stundenweise angezogen und von Tag zu Tag wurde die Tragezeit erhöht.

Die Vorversuche erfolgten von Montag bis Donnerstag. Zur Überprüfung der geeignetsten Tageszeit fand die Beschallung um 9 Uhr, 11 Uhr, 13 Uhr und 15 Uhr, jeweils für 20 Minuten, statt.

Zur Ermittlung der Lautstärke wurde diese jedem Versuchsraum per Zufallsprinzip zugelost und wechselte nach jedem Durchgang. Die zu überprüfenden Lautstärken: Skala „10“ (entspricht ca. 40 db), Skala „25“ (ca. 60 db) und Skala „30“ (ca. 70 db).

In der ersten Versuchswoche wurden die Schweine mit klassischer Musik beschallt, in der zweiten erfolgte eine Kontrolle (keine Beschallung) und in der dritten Woche erfolgte die Beschallung mittels „Heavy Metal“. Mit Beendigung dieser wurde den Schweinen die Weste ausgezogen und bei Beginn der neuen Versuchswoche erneut angezogen. In der Zeit von Montag bis Donnerstag behielten die Tiere die Weste an.

Die Versuche wurden alle mittels Videokamera erfasst und im Anschluss ausgewertet. Das Verhalten wurde codiert und alle erhobenen Daten in eine Excel- Tabelle eingetragen, um mit dieser statistische Analysen durch führen zu können.

Ausgewertet wurde jedes Verhaltensindiz, welches in dem Versuchszeitraum erfasst worden ist. Die Auswertung dieser Aufnahmen wurde von nur einer Person (Doktorandin) vorgenommen, um unterschiedliche Wahrnehmungen und Bewertungen auszuschließen.

Eine Analyse von Herz-Kreislauf-Parametern bzw. eine Blutabnahme wurde nicht vorgenommen

Der Hauptversuch wurde an insgesamt 36 Schweinen durchgeführt. Hierbei handelte es sich um 18 Schweine der Rasse Pietrain und 18 Miniaturschweine. Die Untersuchung erfolgte in

jeweils 3 Gruppen á 6 Schweine. Das Geschlechterverhältnis war bei beiden Rassen ausgeglichen.

Die Beschallung während des Hauptversuches erfolgte an drei aufeinander folgenden Tagen. An jedem Versuchstag wurden die Tiere dreimal in einem Zeitraum von 21 min beschallt. Zwischen den einzelnen Beschallungen fand eine Pause von 19 Minuten statt. Die Beschallung fand an jedem Versuchstag von 9 bis 11 Uhr statt. Die Beschallungslautstärke betrug bei jeder Beschallung ca. 60 db. Beschallt wurden die Tiere mit Heavy Metal (Indestructible) der Gruppe Disturbed sowie Bach: Orchestersuite Nr. 3 (BWV 1068). Neben diesen beiden wurde zeitgleich eine Negativkontrollgruppe (keine Beschallung) durchgeführt. Die jedem Versuchsraum individuell zugeteilte Musikrichtung, inkl. Kontrolle, wurde per Zufallsprinzip zugelost.

Vor der ersten Beschallung erfolgte eine Blutentnahme, zur Erhebung des Ausgangskortisolspiegels. Die Tiere wurden mittels Oberkieferschlinge fixiert, um Blut aus der V. jugularis entnehmen zu können. Im Weiteren wurden die Tiere mit einer Unter- und einer Überziehweste zur Fixation der Atemgurte und EKG-Elektroden versehen. Bis zur ersten Beschallung, nach Versehen der Weste, erhielten die Tiere eine Ruhezeit von 30 Minuten.

Nach Ablauf der Ruhezeit erfolgte die erste Beschallung. Eine zweite Blutentnahme wurde direkt nach Beendigung der Musikeinspielung vorgenommen. Die Westen behielten die Tiere innerhalb der Versuchswoche dauerhaft an.

Mit Beendigung der Versuchswoche wurde den Tieren die Weste ausgezogen und zurück in ihre angestammten Sammelbuchten verbracht. Ebenfalls fand während der Versuchszeit eine kontinuierliche Aufzeichnung des Verhaltens mittels Videoaufnahme statt. Die Auswertung erfolgte wie in den voran gegangenen Vorversuchen.

Die Ergebnisse dieser Studie zeigen, dass die Untersuchten Rassen auf die verschiedenen Musikstile unterschiedlich reagieren. Während sich die Verhaltensreaktion auf Musik von den Schweinen der Deutschen Edelrasse in etwa mit der Verhaltensreaktion der Pietrain deckt, zeigen die Miniaturschweine eine gegenläufige Reaktionsantwort auf die verschiedenen Musikstile. Die Deutschen Edelschweine und die Schweine der Rasse Pietrain reagierten mit einer gesteigerten Aktivitätsantwort auf Heavy Metal. Die Antwort der Miniaturschweine hingegen war durch eine verminderte Verhaltensaktivität gekennzeichnet. Die Klassik stellte sich als Mittelposition dar. Alle Verhaltensäußerungen lagen zwischen der Kontrolle und Heavy Metal. Die zusammenfassende Analyse der Ergebnisse lässt klar erkennen, dass die Tiere unter Heavy Metal sowohl Angst als auch Stress empfunden haben.

Leider konnte ein Einfluss der Musik auf Herz-Kreislauf-Parameter nicht erhoben werden. Eine mögliche Begründung ist eine signifikante Beeinflussung durch das Westensystem, sowohl auf die Rasse Pietrain als auch auf die Miniaturschweine. Schon im Verhalten zeigten die Tiere eine derartige Einschränkung, dass eine Ausführung ihres Normverhaltens nicht möglich war und weiterführend eine signifikante, verfälschende Beeinflussung der Herz-Kreislauf-Parameter denkbar ist. Den einzigen signifikanten Einfluss ließ sich in Bezug auf die Atmung erkennen. Diese kann jedoch aus der gesteigerten Aktivität resultieren. Ein klarer Beweis der Beeinflussung von Musik auf das Herz-Kreislauf-System muss durch weiterführende Studien mit verbessertem System erfolgen.

7 Summary

In the present investigation were the effects of different styles of music, the cardiovascular system and the serum cortisol levels of pigs examined.

Before the main experiments were conducted, we determine the optimum conditions for the experiment with the help of a preliminary test. The aim was to determine the settling time of the pigs to the vest of the JET telemetry system, as well as the appropriate volume of the music, the influence of the time of day and the effect of repeated listening to music. To check the time on the vest habituation, the animals were adapted for 3 weeks on this. They got the vest hour dressed and from day to day, wear time were increased.

The preliminary tests were carried out from Monday to Thursday. To check the most appropriate time of day, music played at 9 clock, 11 clock, 13 clock and 15 clock, for 20 minutes.

To determine the volume, it was randomly assigned to each experimental room at random and changed after each pass. The volume to be checked: scale "10" (equal to 40 db), "scale 25" (about 60 db) and scale "30" (approximately 70 db).

In the first test week, the pigs were exposed to classical music, in the second there was a control (no sound) and in the third week, the sound means "Heavy Metal". Upon termination of this, the vest was pulled and at the beginning of the new week, the vast was dressed again.

In the period from Monday to Thursday kept the animals to the vest.

The experiments were all recorded by using a video camera and analyzed afterwards. The behavior was coded and entered all of the data collected in an Excel spreadsheet to perform statistical analysis.

Behavior was evaluated every indication that it has been entered into the trial period. The analysis of these images was performed by only one person (student) to avoid different perceptions and evaluations.

An analysis of cardiovascular parameters and a blood sampling was not carried out.

The main test was conducted on a total number of 36 pigs. These were by 18 Pietrain pigs and 18 miniature pigs. The study was done in each of 3 groups of 6 pigs. The sex ratio was balanced in both breeds.

The sound of the main experiment was carried out on three consecutive days. To each experiment, the animals were sonicated three times, in a period of 21 minutes. Between the music sound was a break of 19 minutes. The sound was from 9 am to 11 am on each test day. The sound volume for each sound was about 60 db. The animals were sonicated with classical

music: Heavy Metal (Indestructible) the group Disturbed, and Bach: Orchestral Suite No. 3 (BWV 1068). Besides these two, a negative control group was carried out at the same time (no sound). The experimental room individually allocated to each genre including control, was randomly assigned at random.

A blood sample was before the first sound, collect the output cortisol. The animals were fixed by means of the upper jaw sling in order to draw blood from the jugular vein. In addition, the animals were provided with a encrusting and an undergoing vest for fixation of the respiratory belts and the ECG electrodes. Up to the time of the first sound to tighten the vest, the animals were given a rest period of 30 minutes.

After expiration of the rest period was the first sound. A second blood sample was taken immediately after the end of the music recording. These vests kept the animals permanently to within the experimental week.

With the completion of the trial week, the animals were taken off the vest and spent back in their ancestral collection bays. During the experimental period, there was a continuous recording of behavior using a videocamera. The evaluation was performed as in the pretest. The results of this study show that the different breeds react to the various styles of music in a different way. While the behavioral response by music reveals that the pigs of the German noble race reacts in nearly the same way as the Pietrain showing minipigs an opposite reaction response to the various styles of music. The Germans noble race and Pietrain pigs responded with increased activity in response to Heavy Metal. The response of the miniature pigs, however, was characterized by a reduced behavioral activity. The classic turned represents a middle position all behavioral manifestations were between the control and heavy metal. The summary analysis of the results clearly indicated that the animals have felt under Heavy Metal both fear and stress.

Unfortunately, influences of music on cardiovascular parameters are not applicable. One possible reason is the significant influence of the vest system, both on the Pietrain and the miniature pig. Already in the behavior, the animals showed such a restriction by the vest that a version of their standard behavior was not possible and continuing significant, distorting influence on cardiovascular parameters is feasible. The only significant effect could be recognized to the breathing. This may result from the increased activity. A clear indication of the influence of music on the cardiovascular system must carry out by further studies, with an improved system.

8 Literaturverzeichnis

Achiebe C (1975): Vergleichende Untersuchungen einiger Verhaltensweisen von konventionellen und frühabgesetzten Ferkeln unter der Berücksichtigung des Tierschutzes.

Dissertation, Technische Universität, Berlin

Akiyama K, Sutoo D (2010) Effect of different frequencies of music on blood pressure regulation in spontaneously hypertensive rats. **Neurosci Lett** 487:58-60

Algers B, Jensen P (1985): Communication during suckling in the domestic pig. Effect of continuous noise. **Applied Animal Behaviour Science** 14:49-61

Altenmüller E, Baur V, Hoffmann A, Lim VK, Jabusch HC (2012) Musician's cramp as manifestation of maladaptive brain plasticity: arguments from instrumental differences. **Ann NY Acad Sci** 1252:259-265

Altenmüller E (2002) Musik im Kopf. In: Gehirn und Geist, **Spektrum-Verlag**, Heidelberg, S. 18-25

Argstatter H, Haberbosch W, Bolay HV (2006): Study of the effectiveness of musical stimulation during intracardiac catheterization. **Clin Res Cardiol** 95:14-22

Baily L (1986): Music therapy in pain management. **Special Article** 1: S. 25-28

Beattie VE, Wlaker N, Sneddon IA (1995): Effects of Environmental Enrichment on Behaviour and Productivity of Growing Pigs. **Animal Welfare**, 4:207-220

Bergenthal-Menzel-Severing U (1982): Untersuchungen zur Methodik ethologischer Beobachtungen bei säugenden Sauen und Ferkeln. **Dissertation**, Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität, Bonn

Berger B, Gregor G, Faber D (1976): Quantitative morphological studies on various organs of the MINI-LEWE miniature swine. **Archiv für Experimentelle Veterinärmedizin**. 30(6):823- 834

Berkowitz AL, Ansari D (2010): Expertise-related deactivation of the right temporoparietal junction during musical improvisation. **Neuroimage** 49:712-719

- Bernardi L, Porta C, Casucci G, Balsamo R, Bernardi NF, Fogari R, Sleight P (2009): Dynamic interactions between musical, cardiovascular, and zerebral rhythms in humans. **Circulation** 119:3171-3180
- Bernardi L, Porta C, Sleight P (2006): Cardiovascular, cerebrovascular, and respiratory changes induced by different types of music in musicians and non-musicians: the importance of silence. **Heart** 92:445-452
- Bernatzky G, Presch M, Anderson M, Panksepp J (2011): Emotional foundations as a non-pharmalogical pain management tool in modern medicine. **Neuroscience and Behavioral Reviews** 35:1989- 1999
- Bickhardt K, Ganter M, Waberski D, Waldmann KH, Wendt M (2008): Klinische Propädeutik beim Schwein. **Skript**, Tierärztliche Hochschule, Hannover
- Bigelow JK, Houpt TR (1988): Feeding and drinking patterns in young pigs. **Physiol And Beh** 43:99-109
- Blackshaw JK, Swain AW, Thomas FJM, Gillies KJ (1997): The development of playful behavior in piglets from birth to weaning in three farrowing environments. **Applied Animal Behaviour Science** 55:37-49
- Bock O (2010): Sensorimotor adaptation is influenced by background music. **Exp Brain Res** 203:737-741
- Brenig B, Brem G (1992): Genomic organization and analysis of the 5' end of the porcine ryanodine receptor gene (ryr1). **FEBS Letters** 298(2-3):277-9
- Briedermann L (1990): Schwarzwild. **VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag**, Berlin
- Buchenauer D (1998): Biologische Grundlagen des Verhaltens. In : Van der Weghe S: Beurteilung der Tiergerechtheit von Haltungssystemen. **KTBL-Schrift** 377; S. 12- 30
- Buré RG (1984): The Influence of Housing Conditions on Sozial Behaviour in Pigs. **Proceeding of the international congress on Applied Ethology in Fram Animals**, S. 159-161

-
- Callaway CW, Sherman LD, Scheatzle MD, Menegazzi JJ. (2000): Scaling structure of electrocardiographic waveform during prolonged ventricular fibrillation in swine. **Pacing & Clinical Electrophysiology** 23:180-91
- Cardozo M (2004) Harmonic sounds: complementary medicine for the critically ill. **Br J Nurs** 13:1321-1324
- Charmandari E, Tsigos C, Chrousos G (2005): Endocrinology of the stress response. **Annual Review of Physiology**, 67:259-284
- Chan MF, Chan EA, Mok E, Kwan Tse FY (2009): Effect of music on depression levels and physiological response in community- based older adults. **Int J of Mental Health Nursing** 18:285- 294
- Chan MF, Wong ZY, Onishi H, ThayalaNV (2012) Effects of music on depression in older people: a randomized controlled trial. **J Clin Nurs** 21:776-783
- Dantzer R, Mormedé P (1983): Stress in farm animals: a need for reevaluation. **J Anim Sci** 57:6-18
- Dastugue J (2000) Paläpathologie. In: Toellner R (Hrsg) Illustrierte Geschichte der Medizin, Band I, **Bechtermünz/Weltbild Verlag** Augsburg, S 19-35
- Dawkins MS (2003): Behavior as a tool in the assessment of animal welfare. **Zoologie**, 106:383- 387
- Dawkins MS (2006): A user´s guide to animal welfare. **Trends in Ecology and Evolution**, 21: 77- 82
- De Jonge FH, Boleij H, Baars AM, Dudink S, Spruijt BM (2008) Music during play time using context conditioning as a tool to improve welfare in piglets. **Appl Anim Behav Sci** 115:138-148
- Dettmers, A. E., W. E. Rempel, and R. E. Comstock (1965): Selection for small size in swine. **J Anim Sci** 24:216-220
- Dettmers, A. E., W. E. Rempel, and D. E. Hacker (1971): Response to current mass selection for small size in swine. **J Anim Sci** 33:212-215

- Dettweiler F, Müller K, Pfeiler W (1924): Lehrbuch der Schweinezucht. **Verlagsbuchhandlung Parey**, Berlin, S. 220, 250 ff.
- Diener M (2005): Vegetatives Nervensystem. In: von Engelhardt W und Breves G (Hrsg.). Physiologie der Haustiere, 2. Aufl. **Enke Verlag**, Stuttgart: S. 102-111
- Duncan IHJ (2005): Science- based assessment of animal welfare: farm animals. **Rev sci tech Off int Epiz.**, 24: 483-492
- Erler R (2010): Untersuchung zur Stressbelastung von Wildschweinen bei der Ausbildung von Hunden zur Verhaltensanpassung im Schwarzwildgatter. **Dissertation** Tierärztliche Hochschule Hannover
- Ernst E (1995): Tiergerechte Systeme für die Stallhaltung von Schweinen. **Betriebswirtschaftliche Mitteilungen** der Landwirtschaftskammer Schleswig- Holstein, Nr. 483, S. 23-32
- Fortmeyer HP, Wirth H (1984): Symposium über das Miniaturschwein. Zucht, Haltung, Ernährung, Versuchstiermodelle, 8/9. November, Dettmold. Hrsg. **Altromin-Tierlabor-Service**, Lage, Deutschland
- Fraser AF (1978): Verhalten der landwirtschaftlichen Nutztiere. **Verlag Eugen Ulmer**, Stuttgart
- Fraser AF, Phillips PA, Thompson BK, Tennessen T (1991): Effect of straw on the Behaviour of growing pigs. **Applied Animal Behaviour Science** 30:307-318
- Friend T. H. (1991): Behavioral aspects of stress. Symposium: Response of animal to stress. **J Dairy Sci** 292- 303
- Gattermann R (1993): Wörterbücher der Biologie. Verhaltensbiologie. **Fischer Verlag**, Jena
- Glodek, P., and B. Oldigs (1981): Das Göttinger Miniaturschwein. **Paul Parey Verlag**, Berlin
- Goertz W (2011): Music in cath lab: who should select it? **Clin Res Cardiol**, 100:395- 402
- Gonyou HW (1994): Why the study of animal behavior is associated with the animal welfare issue. **J Anim Sci** 72:2171-2177

- Good M, Albert JM, Arafah B, Anderson GC, Wotman S, Chong X, Lane D, Ahn S (2012) Effects on postoperative salivary Kortisol of relaxation/music and patient teaching about pain management. **Biol Res Nurs** 2012, August 23 (Ehead of print)
- Grandjean D, Sander D, Lucas N, Scherer K, Vuilleumier (2008) Effects of emotional prosody on auditory extinction for voices in patients with spatial neglect. **Neuropsychologia** 46:487-496
- Grauvogl A (1974): Käfighaltung der Ferkel und Tierschutz. **Schweinezucht und Schweinemast** 2:42-44
- Grauvogl A, Pirkelmann H, Rosenberger G, von Zeboni HN (1997) artgemäße und rentable Nutztierhaltung. **BLV Verlagsgesellschaft mbH**, München-Wien-Zürich
- Guzik AC, Matthews JO, Kerr BJ, Bidner TD, Southern LL (2006): Dietary tryptophan effects on plasma and salivary Kortisol and meat quality in pigs. **J Anim Sci** 84:2251-2259
- Hambrecht E, Eissen JJ, Newman DJ, Smits CHM, den Hartog LA, Verstegen MWA (2005): Negative effects of stress immediately before slaughter on pork quality are aggravated by suboptimal transport and lairage conditions. **J Anim Sci** 83:440-448
- Hartung J, Phillips VR (1994): Control of Gaseous Emission from Livestock Buildings and Manure Stores. **Journal of agricultural Engineering Research** 57:173-189
- Hasselberg L (1965): Ruhe und Schlaf bei Säugetieren. **Ziemens Verlag** Wittenberg
- Heffner HE (1998): Auditory awareness. **Applied Animal Behavior Science** 57: 259-268
- Henning R (2007): Schwarzwild, Biologie- Verhalten- Hege und Jagd. **BLV- Buchverlag** München
- Hesse D, Schwarz HP, Berk A Henning M (1999): Neue Fütterungstechnik und Konsequenz für die Produktionstechnik bei Mastschweinen. Aktuelle Aspekte bei der Erzeugung von Schweinefleisch. Landbau Völkenrode, **Sonderheft 193**, S. 186-190

- Hinds SB, Raimond S, Purcell B (2007) The effect of harp music on heart rate, mean blood pressure, respiratory rate, and body temperature in the African green monkey. **J Med Primatol** 36:95-100
- Horning H (2012) Without it no music: beat induction as a fundamental musical trait. **Ann NY Acad Sci** 1252:85-91
- Hörning B (1992): Grundsätze artgemäßer Haltung von Schweinen. **Alternative Konzepte: Artgemäße Schweinehaltung**, Verlag CF Müller
- Hucklebridge F, Lambert S, Clow A, Warburton DM, Evans PD, Sherwood N (2000) Modulation of secretory immunoglobulin A in saliva; response to manipulation of mood. **Biol Psychol** 53:25-35
- Hyde IM, Scalapino W (1918) The influence of music upon electrocardiograms and blood pressure. **Am J Physiol** 46:35-38
- Jacobsen KL (1996) The well-being of dairy cows in hot and humid climates. Part II. Reducing stress. **Comp Contin Educ Pract Vet.** 18:242-247, 254
- Jakisch T, Hesse D, Schlichting MC (1996): Raumstrukturbezug des Verhaltens von Mastschweinen in Haltungsverfahren mit und ohne Stroh. **KTBL-Schrift** 373, Darmstadt
- Jarvis S, Moinard C, RobsonSK, Baxter E, Ormandy E, Douglas AJ, Seckl JR, Russell JA, LawrenceAB (2006): Programming the offspring of the pig by prenatal social stress: Neuroendocrine activity and behavior. **Hormones and Behavior** 49:68-80
- Joseph CN, Porta C, Casucci G; Casiraghi N, Maffei M, Rossi M, Bernardi L (2005) Slow breathing improves arterial baroreflex sensitivity and decreases blood pressure in essential hypertension. **Hypertension** 46:714-718
- Kemper KJ, DanhauerSC (2005) Music as therapy. **South Med J** 98:282-288
- Khalfa S, Roy M, Rainville P, Dalla Bella S, Peretz I (2008): Role of tempo entrainment in psychological differentiation of happy and sad music? **Int J psychophysiol** 68:17-26
- Kim J, Wigram T, Gold C (2009): Emotional, motivational and interpersonal responsiveness of children with autism in improvisational music therapy. **Autism** 13:389

- Kittawornat A, Zimmermann JJ (2010): Toward a better understanding of pig behavior and pig welfare. **Animal Health Research Reviews** 12:25-32
- Koelsch S (2005) Investigation emotion with music: neuroscientific approaches. **Ann NY Acad Sci** 1060:412-418
- Koelsch S (2009): A neuroscience perspective on Music Therapy. The neuroscience and music III- Disorders and plasticity **Ann NY Acad Sci** 1169: 374-384
- Kolesch S (2010): Towards a neural basis of music- evoked emotions. **Cell press** 76:131-137
- Koelsch S, Fritz T, Schlaug G (2008): Amygdala activity can be modulated by unexpected chord functions during music listening. **NeuroReport** 19:1815-1819
- Koelsch S, Fuernmetz J, Sack U, Bauer K, Hohenadel M, Wiegel M, Kaisers UX, Heinke W (2011) Effects of music listening on Kortisol levels and propofol consumption during spinal anesthesia. **Front Psychol** 2:58
- Kollár J (2011) The effect of music therapy on stress levels and immunity. **Lege Artis Med** 21:76-80
- Koolhaas JM, Baumanns J, Blom HJM, van Holst D (1995): Biologie, Zucht und Haltung von Versuchstieren. In: van Zutphen LF, Baumanns V, Beynen AC: Grundlagen der Versuchstierkunde. **Enke-Verlag**, Stuttgart, S. 19-71
- Koolhaas JM, Korte SM, Boer SFD, van der Vegt BJ, van Reen CG, Hopster H, de Jong IC, Ruis MAW, Blokhuis HJ (1999): Coping styles in animals. Current status in behavior and stress physiology. **Neuroscience and Biobehavioral Reviews**, 23: 925-935
- Kornysheva K, von Cramon D, Jacobsen T, Schubotz R (2010): Tuning-in to Beat: Aesthetic Appreciation of Musical Rhythms Correlates with a Premotor Activity Boost. **Human Brain Mapping** 31:48-64
- Krause M (1994): Verhalten und Körperschäden von Jungsauen in der Gruppenhaltung bei simultaner und sequenzieller Futterzuteilung mit und ohne Stroh. **Dissertation** TU-München
- Kummer WF (1977) Musik und Medizin. **Verlag Carl Alber**, Freiburg-München, S. 301-392

- Kyle AM, Rogers PI, Han S, Chen PS, March L (2004): Life Shirt system to monitor ECG from ambulatory swine and the implementation of an arrhythmia detection algorithm. SourceConference **Proceedings Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine & Biology Society** 4820-3
- Ladewig J (1994): Stress. In F.H. Döcke (Hrsg). Veterinärmedizinische Endokrinologie. 3. Auflage. **Gustav Fischer Verlag**, Jena. S. 379-398
- Ladewig J (2000): Chronic Intermittent Stress: A Model for the Study of Long-term Stress. The Biology of Animal Stress. **CABI Publishing**, 159- 169
- Larsen PD, GalletlyDC (2006) The sound of silence is music to the heart. **Heart** 92:433-434
- Lemmer B (2008): Effects of music composed by Mozart and Legeti on blood pressure and heart rate circadian rhythms in normotensive and hypertensive rats. **Chronobiology International** 25:971-986
- Lorz A (1987) Kommentar zum Tierschutzgesetz. **Beck‘ Verlagsbuchhandlung** München, S. 84
- Maguire MJ (2012) Music and epilepsy: A critical review. **Epilepsie** doi: 10.1111/j. 1528-1167 (Epub ahead of print)
- Maisch S, Bohm SH, Sola J, Goepfert MS, Kubitz JC, Richter HP, Ridder J, Goetz AE, Reuter DA (2011): Heart-lunge interactions measured by electrical impedance tomography. **Critical Care Med** 39(9):2173-6
- Marx D (1973): Vergleichende Untersuchungen über das Verhalten von Saugferkeln und frühabgesetzten Ferkeln in Käfiggruppenhaltung (Batteriehaltung). **Berliner und Münchener Tierärztliche Wochenschrift** 86:289-295
- Marx D, Schrenk HJ, Schmidtborn C (1977): Spiel- und Eliminationsverhalten von Saugferkeln und frühabgesetzten Ferkeln in Käfiggruppenhaltung (Flatdecks). **Deutsche Tierärztliche Wochenschrift** 84:125-164
- Marx D (1991): Beurteilungskriterien für artgerechte Tierhaltung am Beispiel der Schweineaufzucht. **Bauen für die Landwirtschaft** 28(3): 6-10

- Merlot E, Mounier AM, Prunier A (2011) Endocrine response of gilts to various common stressors: a comparison of indicators and methods of analysis. **Physiol Behav** 102:259-265
- Meyer H (2003): Schmerz, Angst und Leiden- Die belastenden Befindlichkeiten der Tiere. Aktuelle Arbeiten zur artgemäßen Tierhaltung. **Landwirtschaftsverlag** Münster- Hilstrup, KTBL- Schrift 431
- Meynhardt H (1990): Schwarzwildreport. **Neumann Verlag**, Leipzig Radebeul
- Mormedè P, Garcia-Bellenguer S, Dulluc J, Oliver C (1994): Independent segregation of a hyperactive hypothalamic-hypophyse-adrenal axis and a reduced behavioral reactivity in pigs. **Psychoneuroendocrinology**, 19: 305-311
- Möstel E (2005) Spezielle Endokrinologie. In: W.v. Engelhardt, G. Breves (Hrsg): Physiologie der Haustiere. 2. Auflage, **Enke-Verlag**, Stuttgart, S. 497-509
- Müller S (2005): Leistungsfähigkeit der Rasse Pietrain in Deutschland. **Manuskript zur Veröffentlichung in Schweinezucht und Schweinemast**. Oberellen - OT Clausberg; H11942
- Nakahara H, Furuya S, Obata S, Masuko T, Kinoshita H (2009): Emotion-related changes in heart rate and its variability during performance and perception of music. **Ann NY Acad Sci** 1169: 359-362
- Nakamura T, Tanida M, Niijima A, Hibino H, Shen J, Nagai K (2007): Auditory stimulation affects renal symphatetic nerve activity and blood pressure in rats. **Neuroscience Letters** 416:107-112
- Newberry RC, Wood-Gush DGM (1988): Development of some Behaviour Patterns in Piglets under Semi- Natural Conditions. **Animal Production** 46, 103-109
- Newberry RC, Wood-Gush DGM, Hall JW (1988a): Playful Behaviour of Piglets. **Behavioural Processes** 17, 205-216
- Nguyen T, Nillson S, Hellström A, Bengtson A (2010): Music Therapy can Reduce Pain and Anxiety in Children with Cancer Undergoing Lumbar Puncture. **Journal of Pediatric Oncology Nursing** 27:146

- Nickel R, Schummer A, Seiferle E (1996): Lehrbuch der Anatomie der Haustiere. Band III: Kreislaufsystem, Haut und Hautorgane. 3., überarbeitete Auflage. **Parey Buchverlag** Berlin, S. 53-58
- Nickel R, Schummer A, Seiferle E (2004): Lehrbuch der Anatomie der Haustiere. Band 4: Nervensystem, Sinnesorgane, Endokrine Drüsen. 4., unveränderte Auflage. **Parey Buchverlag**, Berlin. S. 444-472
- Nilsson S, Hallqvist C, Sidenvall B, Enskär K (2011) Children's experiences of procedural pain management in conjunction with trauma wound dressings. **J Adv Nurs** 67:1449-1457
- Nilsson S, Kokinsky E, Nilsson U, Sidenvall B, Enskär K (2009) School-aged children's experiences of postoperative music medicine on pain, distress, and anxiety. **Paediatr Anaesth** 19:1184-1190
- Nilsson U (2008) The anxiety- and pain-reducing effects of music interventions: a systematic review. **AORN J** 87:780-807
- Osuch EA, Bluhm RL, Williamson PC, Théberge J, Densmore M, Neufeld RW (2009): Brain activation to favourite music in healthy controls and depressed patients. **Neuroreport** 20: 1204-1208
- Pajor EA (2005): Sow housing: science, behavior, and values. **JAMA** 226: 1340-1344
- Paletto R, Janczak AM, Marchant-Forde RM, Marchant-Forde JM, Matthews DL, Dowell CA, Hogan DF, Freeman LJ, Lay DC (2011): Identification of a low and high frequency ranges for heart rate variability and blood pressure variability using pharmacological autonomic blockade with atropine and propranolol in swine. **Physiology and Behavior** 103: 188-196
- Peretz I, Zatorre RJ (2005) Brain organization for music processing. **Annu Rev Psychol** 56:89-114
- Petersen V (1994): The Development of feeding and investigatory behavior in free-ranging domestic pigs during their first week of life. **Applied Animal Behaviour Science** 42, 87-98
- Plonait HR (1988): Einfluss der Haltungsbedingungen auf das Krankheitsgeschehen. Lehrbuch der Schweinekrankheiten. **Buchverlag Parey**, Berlin und Hamburg, S. 20-33

- Pol F, Courboulay V, Cotte JP, Martrenchar A, Hay M, Mormede P (2002): Urinary Kortisol as an additional tool to assess the welfare of pregnant sows kept in two types of housing. **Veterinary Research**, 33(1):13-22
- Potes C, Gunduz A, Brunner P, Schalk G (2012) Dynamics of electrocardiographic (ECoG) activity in human temporal and frontal cortical areas during music listening. **Neuroimage** 61:841-848
- Rosochacki SJ, Konecka AM, Piekarzewska AB, Poloszynowicz J, Klewec (2000): Acute immobilization stress in prone position in susceptible Pietrain and resistant Duroc pigs. Glycolytic metabolism in Pietrain and Duroc skeletal muscle and liver. **Journal of Animal Breeding and genetics**, 17: 203-210
- Sambras HH (1981) Der Nachweis von Leiden bei Tieren. In: Du und die Natur, Ausgabe 3/1981
- Sambras HH (1991): Nutztierkunde. **Verlag Ulmer**, Stuttgart
- Schafzahl W (1999): Wasserversorgung beim Schwein. Aktuelle Fragen des landwirtschaftlichen Bauens. **Gumpsteiner Bautagung**. BAL- Gumpenstein
- Schäfer D, Marquardt V, Marx G, von Borell E (2001): Lärm in der Nutztierhaltung- eine Übersicht, unter besonderer Berücksichtigung der Schweinehaltung. **Deutsche Tierärztliche Wochenschrift** 108: 60-66
- Schiwitz I (1990): Ethologische Vergleiche verschiedener Haltungssysteme bei Mastschweinen. **Diplomarbeit**, Wien, Universität für Bodenkultur
- Schlenker G (1994): Ängste- physiologische Grundlagen. **Mh Vet.- Med**, S. 229- 234
- Schlichting MC, Schmidt D (1989): Subkriterium „Tierverhalten“. In: **Haltungssysteme Mastschweine**. Darmstadt KTBL- Schrift 335, 71-82
- Schmid H (1990): Unbehindertes Verhalten von Muttersauen und ihrer Ferkel am Geburtsnest und artgemäße Verhaltenssicherungen gegen Erdrücken. **Aktuelle Arbeiten zur artgemäßen Tierhaltung**, Darmstadt KTBL- Schrift 351, 121-128

- Schmid H (1992): Arttypische Strukturierung der Abferkelbucht. **Aktuelle Arbeiten zur artgemäßen Tierhaltung**, Darmstadt KTBL- Schrift 351, 27-36
- Schouten WGP (1986): Rearing conditions and behaviour in pigs. **Dissertation**, Agricultural University, Wagening
- Schuster HP, Trappe HJ (2009): EKG-Kurs für Isbel. 5. Auflage. **Thieme-Verlag**, Stuttgart
- Schwarz P, Berger-Lenz M (2001): Alles über Minischweine. Die Wiesenauer- oder: „Watt willste denn mit Minischweine“ **Verlag FAKTuell**, Görlitz
- Schwartz HJ, Weniger JH, Steinhof D (1975): Untersuchung zur quantitativen Verhaltenserfassung beim Hausschwein. 1.Mitt.: Möglichkeiten und methodische Ansätze zur Datengewinnung in der quantitativen Verhaltenserfassung 2.Mitt.: Ermittlung von Aktivitätsmustern. **Zeitschrift für Tierzüchtung und Züchtungsbiologie**, 92, 205-212 und 213-219
- Schwindle MM (2007): Swine in the laboratory. **Taylor and Francis**, Philadelphia
- Shemagonov AV, Sidorenko VN (2000) Can the medical resonance therapy music effect autonomous innervation of cerebral arteries? **Integr Physiol Behav Sci** 35:218-223
- Sidorenko VN (2000) Effects of the medical resonance therapy in the complex treatment of epileptic patients. **Integr Physiol Behav Sci** 35:212-217
- Sills J (2007): Birds Like Music, Too. **Science** 317:1864
- Silverman MJ (2009) The effect of single-session psychoeducational music therapy on verbalization and perceptions in psychiatric patients. **J Music Ther** 46:105-131
- Sinex DG, Henderson J, Li H, Chen GD (2003) Responses of chinchilla inferior colliculus neurons to amplitude-modulated tones with different envelopes. **J Assoc Res Otolaryngol** 3:390-402
- Spitzer M (2003) Musik im Kopf, Mythos, Zauber, stattdessen Kontrolle. **Schattauer-Verlag**, Stuttgart, S. 2ff.

- Stolba A, Wood-Gush DGM (1981): Verhaltensgliederung und Reaktion auf Neureize als ethologische Kriterien zur Beurteilung von Haltungsbedingungen bei Hausschweinen. Darmstadt, **KTBL-Schrift** 264: 110-128
- Stolba A, Wood-Gush DGM (1984): The Identification of Behavioural Key Features and their Incorporation into a Housing Design for Pigs. **Ann Rech Vet** 15(2), 287-288
- Striowsky E (2012): Minischweine Haltung, Pflege, **Erziehung**. **Kosmos Verlag**, 2. Aufl., Stuttgart
- Tembrock (1969): Verhaltensforschung. **Verlag Gustav Fischer**, Jena
- Tembrock G (2000): Angst und Naturgeschichte eines physiologischen Phänomens. **Wissenschaftliche Buchgesellschaft** Darmstadt
- Tervaniemi M, Tupala T, Brattico E (2012) Expertise in folk music alters the brain processing of Western harmony. **Ann NY Acad Sci** 1252:147-151
- Thun R, Schwartz-Porsche D (1994): Nebennierenrinde. In: F.H. Döcke (Hrsg.), **Veterinärmedizinische Endokrinologie**. **Verlag Gustav Fischer**, Jena, 3. Auflage: 309-351
- Tierschutzgesetz (1998): Erster Abschnitt: Grundsatz, §1; Zweiter Abschnitt: Tierhaltung, §2. **BGBL I**, Nr. 30, S. 1105
- Thodberg K, Jensen KH, Herskin MS (2002): Nursing behaviour, postpartum activity and reactivity in sows: effect of farrowing environment, previous experience and temperament. **Appl Anim Behav Sci** 77: 53-76
- Trainor LJ (2012) Musical experience, plasticity, and maturation: issues in measuring developmental change using EEG and MEG. **Ann NY Acad Sci** 1252:25-36
- Trappe HJ (2009): Musik und Gesundheit – Welche Musik hilft welchem Patienten – welche eher nicht? **Dtsch Med WSchr** 134:2601-2606
- Trappe HJ (2012): The Effect of Music on Human Physiology and Pathophysiology. **Music and Medicine** 4:100-105
- Uetake K, Hurnik JF, Johnson L (1997) Effect of music on voluntary approach of dairy cows to an automatic milking system. **Appl Anim Behav Sci** 53:175-182

- Van der Laan JW, Brightwell J, McAnulty P, Ratky J, Stark C, Steering Group of RETHINK Project (2010): Regulatory addeptability of the minipig in the development of pharmaceuticals, chemicals and other products. **Journal of Pharmalogical and Toxicological Methods**. 62(3), 184-195
- Van Putten G (1978) Schwein. In: Sambraus HH (Hrsg) Nutztierethologie. **Buchverlag Parey**, Berlin-Hamburg, S. 168-213
- Von Borell (2001): The biology of stress and ist application to livestock housing and transportation assessment. **J Anim Sci** 79: 269-267
- Von Sachsen – Coburg (2005): Zur Bewertung Tiergerechtheit beim Umgang mit Pferden für den Bereich des Galopprennsports. **Verlag Cuvillier**, Göttingen, E. 1. Aufl. 3- 18
- Von Zerboni HN, Grauvogl A (1984): Schwein. In: Bogner H und Grauvogel A (Hrsg.): Verhalten landwirtschaftlicher Nutztiere. **Verlag Ulmer**, Stuttgart, S. 246-283
- Videan E, Fritz J, Howell S, Murphy J (2007): Effects of Two Genre of Music on Social Behavior in captive Chimpanzees. Journal of the American Association for Laberatory **J Anim Sci** 66-70
- Wakim JH, Smith S, Guinn C (2010) The efficacy of music therapy. **J Perianesth Nurs** 25:226-232
- Waynert DF, Stookey JM, Schwartzkopf- Genswein KS, Watts JM, Waltz CS (1999): The response of beef cattle to noise during handling. **Applied Animal Behaviour Scinece** 62: 27-42
- Wechsler B (1995): Coping and coping strategies- A behavioral view. **Applied Animal Behaviour Science**, 43(2), 123-134
- Wechsler B (1996): Ansprüche der Schweine am Beispiel ihres Verhaltens. Vortrag zur Tagung „Verwirklichung des Tierschutzes in der „Nutztier“-Haltung“, S. 1-6
- Wechsler B, Heggeling D (1997): Individual differences in the behavior of sows at the nest-site and the crushing of piglets. **Appl Anim Behav Sci** 51: 39-49

-
- Wemelsfelder F (2005): Mental health and well-being in animals, chapter Animal boredom-Understanding the tedium of confined lives. **Blackwell Publishing Verlag**, Berlin. S. 79-91
- Whipp SC, Wood RL, Lyon NC (1970): Diurnal variation in concentrations of hydrocortisone in plasma of swine. **Am J Vet Res** 31 (11), 2105-2107
- Wilkins MK, Moore ML (2004) Music interventions in the intensive care unit: a complementary therapy to improve patient outcomes. **Evid Based Nurs** 7:103-104
- Würbel H (2003): Tierschutz I. Tierschutzskript Justus- Liebig Universität, Gießen, S. 1-25
- Yang TS, Howard B, Farlane WVMC (1981): Effects of food and drinking behavior of growing pigs. **Appl Anim Ethol** 7, 259-270
- Zatorre RJ (1985) Discrimination and recognition of tonal melodies after unilateral verebral excisions. **Neuropsychologia** 23:31-41
- Zatorre RJ (2005) Neuroscience: finding the missing fundamental. **Nature** 436:1093-1094
- Zimmermann E, Lahav A (2012) The multisensory brain and ist ability to learn music. **Ann NY Acad Sci** 1252:179-184

9 Danksagung

Mein besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr. Dr. habil Gerald Reiner, Professor der Klinik für Schweinekrankheiten der Justus-Liebig-Universität Giessen für die freundliche Überlassung des Themas, die wertvolle Unterstützung bei der Durchführung der Studie und die hervorragende Betreuung während der gesamten Phase der Promotion. Herr Prof. Reiner stand in allen Phasen der Vorversuche, der Hauptversuche und während der Auswertung der Arbeit immer mit Rat und Tat zur Seite und hat mir viele wertvolle Tipps zur Interpretation der Ergebnisse und zur Abfassung der Arbeit gegeben.

Desweiteren gilt ein weiterer besonderer Dank meinen Eltern. Meinem Vater, ohne den das ganze Projekt ebenfalls nicht möglich gewesen wäre, der immer ein offenes Ohr für mich hatte und mich mit seiner konstruktiven Kritik sehr unterstützt hat. Sowie meiner Mutter, die mich immer wieder motiviert hat und mir während Schulzeit, Studium und Promotion ausdauernd zur Seite stand.

Im Weiteren gilt ein ganz besonderer Dank der Deutschen Herztiftung e.V., Frankfurt am Main, für die finanzielle Unterstützung dieser Studie.

Ein herzliches Dankeschön an die tierärztlichen Kolleginnen der Schweineklinik. Besonders Frau Sonja Hillen, die mir immer mit Rat und Tat zur Seite stand und nie müde wurde, mir bei jeder Angelegenheit zu zu hören und zu helfen. Sowie Frau Cilia Kronenberg und Frau Sabrina Lange, welche sich immer bereitwillig um die Nachsorge meiner Schweine gekümmert haben, sowie bei Bedarf immer schnell geholfen haben.

Ich möchte mich bei den Mitarbeitern der Klinik für Schweinekrankheiten, besonders auch bei Frau Sabine Baloditis bedanken, die während der Vor- und Hauptversuche immer für eine angenehme und hilfsbereite Arbeitsatmosphäre gesorgt hat. Außerdem danke ich den Pflegern, welche sich außerhalb der Versuche um die Pflege und das Wohl der Versuchstiere gekümmert haben.

Nicht zuletzt danke ich meiner ganzen Familie, meinen Geschwistern Kerstin und Dominik sowie Henning, die mich alle jederzeit unterstützt haben und mir viel Kraft für dieses Projekt gegeben haben.

„Ich erkläre: Ich habe die vorgelegte Dissertation selbständig und ohne unerlaubte fremde Hilfe und nur mit den Hilfen angefertigt, die ich in der Dissertation angegeben habe. Alle Textstellen, die wörtlich oder sinngemäß aus veröffentlichten oder nicht veröffentlichten Schriften entnommen sind, und alle Angaben, die auf mündlichen Auskünften beruhen, sind als solche kenntlich gemacht. Bei den von mir durchgeführten und in der Dissertation erwähnten Untersuchungen habe ich die Grundsätze guter wissenschaftlicher Praxis, wie sie in der „Satzung der Justus-Liebig-Universität Gießen zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis“ niedergelegt sind, eingehalten.“